# BIOLOGISCHE

# UNTERSUCHUNGEN

VON

PROF. D:R GUSTAF RETZIUS

## NEUE FOLGE

## XV

MIT XXI TAFELN

INHALT

1. Über den Bau des Eies der Echinodermen im unbefruchteten und befruchteten Zustand. Taf. I—XIII . . . . . 1
2. Zur Kenntnis der Spermien der Echinodermen. Taf. XIV—XV . . . . . 55
3. Weitere Beiträge zur Kenntnis der Spermien mit besonderer Berücksichtigung der Kernsubstanz. Taf. XVI—XX . . . . . 63
4. Über die Form der Spermien bei den anthropoiden Affen. Taf. XXI, Fig. 1—20 . . . . 83
5. Kleinere Mitteilungen . . . . . 87



STOCKHOLM
GEDRUCKT IN
AFTONBLADETS DRUCKEREI
1910

JENA
VERLAG VON
GUSTAV FISCH

*Veröffentlicht Dezember 1910*



To the Library of the Smithsonian Institution
(National Museum)
with the Compliments of the Author

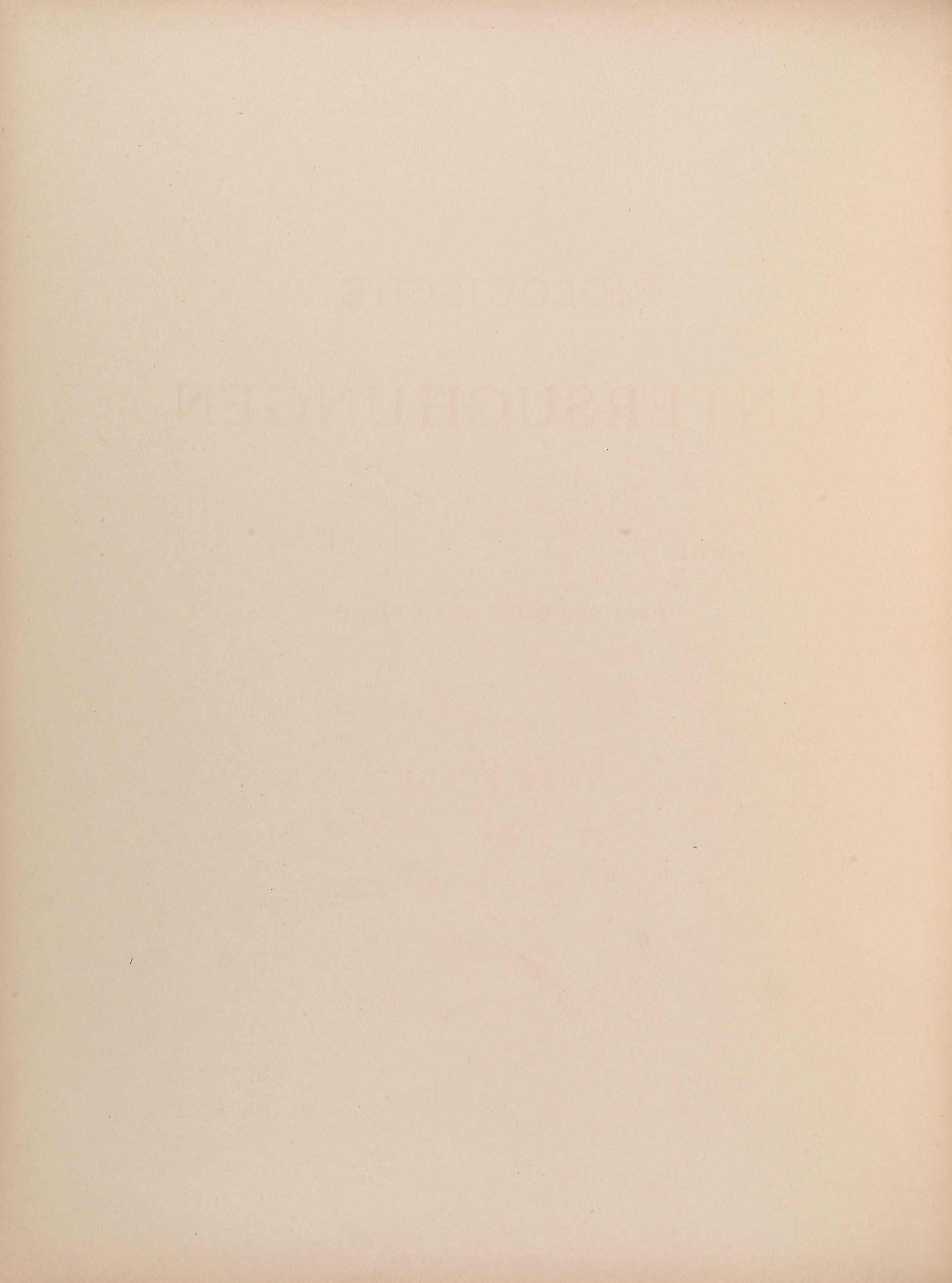


# BIOLOGISCHE

# UNTERSUCHUNGEN

NEUE FOLGE

**XV.**



# BIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

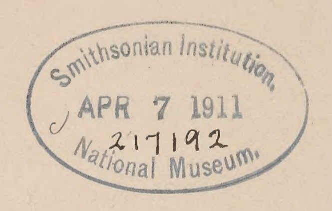
VON

PROF. D:R GUSTAF RETZIUS

NEUE FOLGE

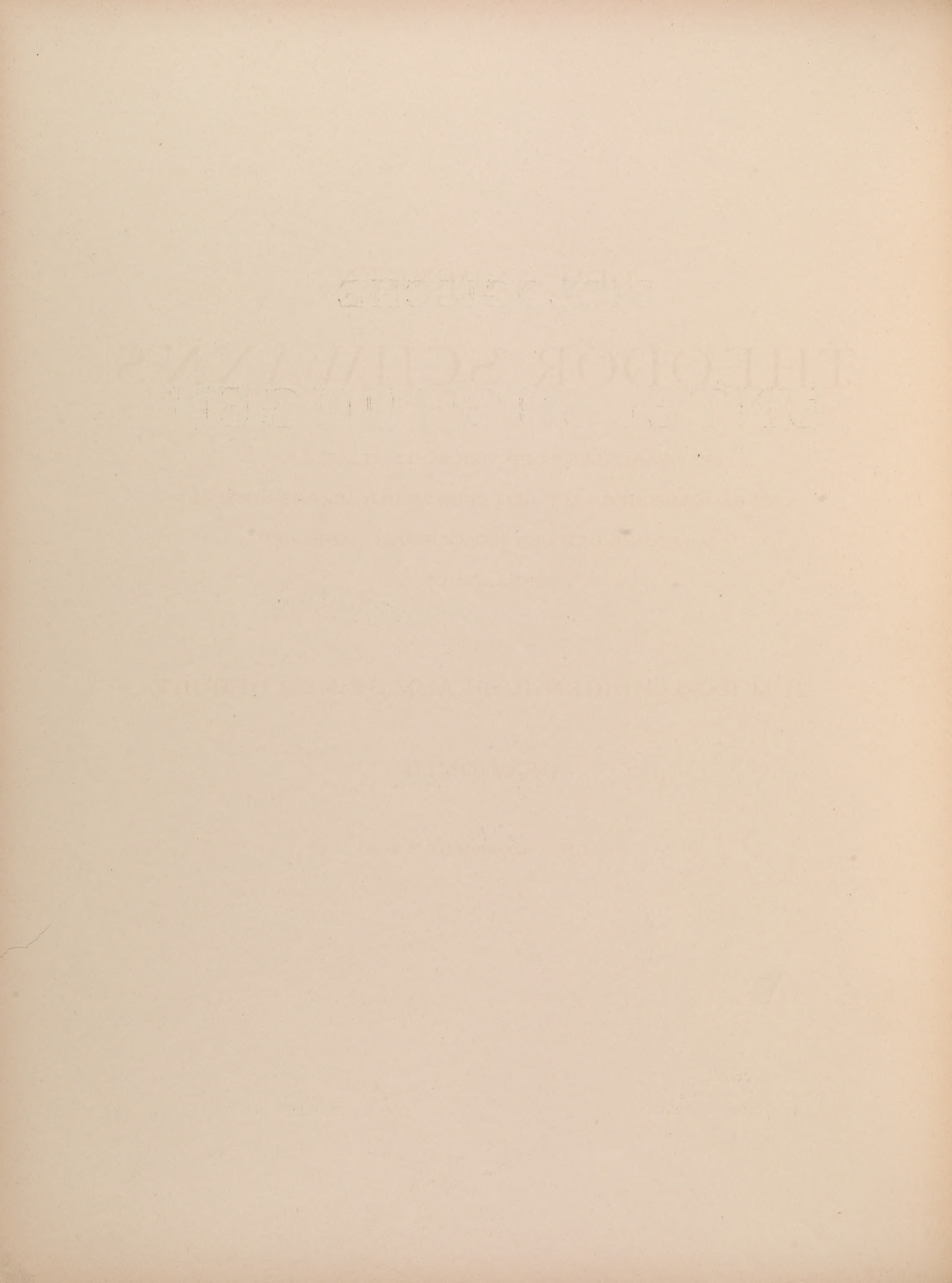
XV.

MIT XXI TAFELN




STOCKHOLM
GEDRUCKT IN
AFTONBLADETS DRUCKEREI
1910.

JENA
VERLAG VON
GUSTAV FISCHER



DEM ANDENKEN

# THEODOR SCHWANN'S

DES BEGRÜNDERS DER TIERISCHEN ZELLENLEHRE
UND BAHNBRECHERS AUF DEM GEBIETE DER MIKROSKOPISCHEN
ANATOMIE UND DER BIOLOGIE DES TIERISCHEN
ORGANISMUS

ZUM 100-JÄHRIGEN JUBILÄUM SEINER GEBURT

GEWIDMET

DEN 7. DEZEMBER 1910

# VORWORT.

In dem hier vorliegenden 15. Bande dieser Serie sind die Untersuchungen veröffentlicht worden, die ich in den letzten beiden Jahren dem Bau des Eies der Echinodermen im unreifen, reifen und befruchteten Zustande gewidmet habe, wozu noch die Struktur des sich durch künstliche Parthenogenese entwickelnden Eies berücksichtigt worden ist. Auf diesem Gebiete der Wissenschaft, wo schon so viele hervorragende Forscher — von denen ich hier nur Oscar Hertwig und Richard Hertwig, Selenka, Tréel, E. B. Wilson, Morgan, Jacques Loeb, Boveri, Delage, Herbst, Driesch, Hammar und Ziegler anführe — mit grossem Erfolg gearbeitet und hochwichtige Ergebnisse geerntet haben, gibt es doch noch manche bedeutsame Probleme, die nicht gelöst, und manche Fragen, die bisjetzt nicht endgültig beantwortet worden sind. Das Seeigelei ist für die Entscheidung einer Reihe von Struktur- und Entwicklungsproblemen immer mehr zu einem hochgeschätzten Untersuchungsobjekt geworden, und zwar ganz besondes deshalb, weil es ein für experimentelle Versuche im allgemeinen vorzüglich geeignetes und zugleich in hinreichender Menge zugängliches Material darstellt.

Während dieser meiner Studien habe ich mich, wie oben angedeutet, zunächst hauptsächlich darauf beschränkt, die feineren Bauverhältnisse des Eies in seinen verschiedenen ersten Ausbildungs- und Entwicklungsverhältnissen zu eruieren. Die hierbei gewonnenen Ergebnisse sind nun in der ersten Abhandlung dieses Bandes veröffentlicht worden. Zum Vergleich mit den am Eie der Seeigel erhaltenen Befunden sind die Bauverhältnisse der Eier anderer Echinodermen sowie diejenigen der Eier von mehreren Vertretern aus verschiedenen anderen Klassen der Wirbellosen und Wirbeltiere berücksichtigt worden.

Die zwei danach folgenden Mitteilungen sind den Spermienformen der Echinodermen und mancher anderer Evertebraten, und zwar mit besonderer Berücksichtigung der Kernsubstanz, gewidmet. Ferner sind hier Beiträge zur Kenntnis der Spermienform der Anthropoiden veröffentlicht. Dann sind noch die mystischen Frommann'schen Silberlinien der Nervenfasern besprochen und einige andere kleinere Mitteilungen hinzugefügt worden.

Stockholm d. 1. Dezember 1910.

GUSTAF RETZIUS.



# INHALT.

Seite.

1. Über den Bau des Eies der Echinodermen im unbefruchteten und befruchteten Zustand. Taf. I—XIII . . . . . . 1.
   1. Die Ovarialeier von Parechinus miliaris in ihrer Entwicklung bis zur Reife. Taf. I, Fig. 1—5; Taf. II . . . . . . 3.
   2. Die reifen Eier . . . . . . 9.
   3. Die befruchteten Eier . . . . . . 11.
   4. Die Cytolyse der Eier. Taf. VII . . . . . . 25.
   5. Die Erscheinungen in der Eistruktur während der früheren Stadien der künstlichen Parthenogenese. Taf. VIII . . . . . . 29.
   6. Über den Bau der Eier anderer Echinodermen. Taf. IX—X . . . . . . 36.
      A. Eier anderer Seeigel. Taf. IX . . . . . . 36.
      B. Die Eier der Seesterne. Taf. X . . . . . . 37.
   7. Über den Bau der Eier einiger anderer Wirbellosen . . . . . . 39.
      A. Der Bau der Eier bei den Coelenteraten. Taf. XI . . . . . . 39.
      B. Der Bau der Eier bei den Würmern. Taf. XII . . . . . . 41.
      C. Der Bau der Eier bei den Mollusken. Taf. XIII, Fig. 1—10 . . . . . . 43.
   8. Der Eibau bei den Wirbeltieren. Taf. XIII, Fig. 11—15 . . . . . . 45.
   9. Rückblick auf die Ergebnisse der obigen Untersuchungen über den feineren Bau der Eier 48.
2. Zur Kenntnis der Spermien der Echinodermen. Taf. XIV—XV . . . . . . 55.
3. Weitere Beiträge zur Kenntnis der Spermien mit besonderer Berücksichtigung der Kernsubstanz. Taf. XVI—XX . . . . . . 63.
4. Über die Form der Spermien bei den anthropoiden Affen. Taf. XXI, Fig. 1—20 . . . . 83.
5. Kleinere Mitteilungen . . . . . . 87.
   A. Über die sog. Frommann'schen Querlinien der Axencylinder der Nervenfasern. Taf. XXI, Fig. 23—36 . . . . . . 87.
   B. Die Fraentzel'sche Silberzeichnung an den Spinalganglienzellen. Mit Figuren in dem Text 91.
   C. Die Versilberungsbilder an der Körperoberfläche der Myzostomiden. Mit Figuren in dem Text . . . . . . 94.

1.

# Über den Bau des Eies der Echinodermen

## im unbefruchteten und befruchteten Zustand.

Wie ich schon in früheren Mitteilungen angegeben habe, beabsichtigte ich mit diesen Untersuchungen v. a. das Schicksal der verschiedenen Teile der Spermien bei der Befruchtung, und zwar ganz besonders derjenigen Partie, welche hinter dem Kopfe, am Anfang des Schwanzfadens liegt und die ich in mehreren früheren Arbeiten näher beschrieben habe, eingehender zu verfolgen. Ich wünschte nun zu erfahren, ob diese eigentümliche, aus dem Cytoplasma der Zelle stammende Partie bei dem Befruchtungsprozesse eine besondere Rolle spielt, oder ob sie schon ihren Dienst getan hat und im Eie nur untergeht und verschwindet. Dass der hier, an der Befestigung des Schwanzfadens am Kopfe, gelegene Centralkörper weiter tätig ist, war ja schon längst von hervorragenden Forschern nachgewiesen worden. Ob aber das ihn umgebende Gewebsstück bei dem Befruchtungsprozesse beteiligt oder unbeteiligt ist, war noch eine offene Frage. In diesem Stück habe ich vor einigen Jahren auch bei vielen Evertebraten die Existenz gewisser spezifischer rundlicher Körner nachgewiesen, welche offenbar den im Verbindungsstück (Mittelstück) der Spermien der Vertebraten vorhandenen, zuerst von von Brunn gesehenen und deshalb von mir als *von Brunn'sche Körner* bezeichneten Elementen zu entsprechen scheinen.

Dass ich nun gerade die Echinodermen, und ganz besonders die Seeigel, zum Gegenstand dieser Untersuchungen wählte, beruht darauf, dass bei den Eiern dieser Tiere der Befruchtungsprozess am leichtesten sich verfolgen lässt und infolge dessen auch am meisten studiert und eruiert worden ist. Für mein spezielles Thema sind zwar die Spermien der Echinodermen wegen ihrer minimalen Grösse kein vorwiegend geeignetes Material, so dass a priori für das vorliegende Problem keine grossen Erwartungen eines guten Gelingens gehegt werden konnten. Die Eier dieser Tiere bieten indessen ein Substrat, in welchem die eingedrungenen Spermien verhältnismässig gut an gefärbten dünnen Schnitten untersucht werden können. Die überaus reichliche Zugänglichkeit dieser Eier, besonders derjenigen der Seeigel, während einer längeren Zeit des Jahres und die Leichtigkeit, mit welcher die künstliche Befruchtung derselben bewerkstelligt werden kann, veranlassten auch, dass ich für die fragliche Untersuchung dieses Material wählte. Hierzu trug aber noch ganz besonders der Umstand bei, dass man gerade bei diesen Eiern gleichzeitig eine Reihe anderer biologischer Probleme studieren kann, welche schon seit alters her eine Schaar von Forschern beschäftigt und auch mein Interesse seit lange erweckt haben.

Ich habe diese Worte hier als Einleitung vorausgeschickt, um zu erklären, wie diese Arbeit entstanden ist. Es ging mir, wie es so oft bei unseren wissenschaftlichen Forschungen geschieht: Das, was wir von Anfang an speziell suchen, finden wir nicht; bei dem Suchen nach demselben, werden wir allmählich immer mehr in andere Gebiete und Probleme hineingeführt. Mir gelang es nun nicht, die oben erwähnte Frage hinsichtlich der Spermien zu beantworten; dagegen wurde ich bald und immer mehr in einige andere hochinteressante, auf der Tagesordnung stehende Probleme hineingezogen, nämlich in das Studium des Baues und ganz besonders der *feineren Struktur der Eier sowohl im unreifen als im reifen und im befruchteten Zustande*, sowie in das Problem der *künstlichen Parthenogenese.*

In dieser Arbeit soll nun v. a. die erstere dieser Fragen behandelt werden. Es kann merkwürdig erscheinen, dass trotzdem von hochbewährten Forschern so viele Untersuchungen mittelst der vorzüglichen neueren histologischen Technik ausgeführt worden sind, die Eruierung der feineren Struktur der Eier der Echinodermen noch keine besonderen Fortschritte gemacht hat, und dass in dieser Beziehung noch ganz konträre Anschauungen obwalten. Unsere Ansichten von der eigentlichen, morphologischen Struktur des Protoplasmas in der jetzt herrschenden Zellenlehre sind zum grossen Teil gerade auf die Angaben und Meinungen hinsichtlich der Struktur der Seeigeleier gefusst. Auch die Ausbildung dieser Struktur in den jungen Eiern ist in neuerer Zeit nicht näher studiert und deshalb nicht erkannt worden. Ihr Verhalten resp. ihre Veränderungen im befruchteten Zustande der Eier und während der verschiedenen Stadien desselben sind zwar teilweise untersucht, aber wegen der verschiedenen Anschauungen über den Protoplasmabau im allgemeinen noch nicht als gesichert zu betrachten.

In dieser Arbeit habe ich mich nun bemüht, die Lösung dieser Probleme vorwärts zu führen.

Aber nicht nur das Studium der Struktur der unreifen und der reifen sowie der normal befruchteten sondern auch der durch künstliche *Parthenogenese* zur Entwicklung gebrachten Eier bietet ein grösseres Interesse. Und besonders eine Vergleichung derselben mit derjenigen der normal befruchteten Eier ist verlockend. Diesmal werde ich indessen nur einige kürzere Hinweise auf die parthenogenetischen Eier mitteilen, beabsichtige aber später auf dieses Thema zurückzukommen.

Schliesslich sei hier bemerkt, dass ich die Struktur der sog. *cytolytisch* veränderten Eier untersucht habe; diese Veränderung, welche so auffallend oft in den aus den Ovarien in das Seewasser abgegebenen Eiern eintrifft, ist wohl allen Forschern auf diesem Gebiete als Erscheinung wohl bekannt. In der betreff. Literatur finde ich aber keine Untersuchungen über ihre feineren Strukturverhältnisse und ihr eigentliches Wesen veröffentlicht; nach einigen Angaben der Verfasser scheint dies nicht näher bekannt zu sein, was auch erklärlich ist, solange man die Struktur des normalen Eiprotoplasmas nicht sicherer kennt.

Zum Material für diese Untersuchungen habe ich v. a. die Eier von *Parechinus miliaris* (Lin.) ausgewählt. Dieser Seeigel ist in der der Schwed. Akademie der Wissenschaften gehörigen Zoologischen Station bei Kristineberg auf unserer Westküste in grosser Menge zu beziehen, und da derselbe während der Sommermonate Juni und Juli seine Fortpflanzungszeit hat, eignet sich dieses Material ganz besonders zu den betreffenden Untersuchungen während der Sommermusse.

Ausserdem habe ich die auch in derselben Gegend vorfindlichen *Echinus esculentus* Lin., bei dem gewöhnlich im April und Mai die Eier reifen, ferner den *Strongylocentrotus droebachiensis* O. F. Müll., und den *Echinocyamus pusillus* O. F. Müll., die im Sommer und im Herbste laichen, zum Vergleich untersucht. Schliesslich arbeitete ich im April och Mai 1910. einige Zeit in der Zoologischen Station zu Triest mit dem *Parechinus microtuberculatus* Blainv., dem *Paracentrotus lividus* Lm. und dem *Sphaerechinus granularis* Lm., sowie im Institut du Musée océanographique in Monaco mit den letzteren beiden und der *Arbacia pustulosa*. Ich erlaube mir nun, den Herren Vorstehern dieser Stationen, Herrn Dr. Hj. Östergren in Kristineberg, Herrn Prof. Dr. K. Cori in Triest und den Herren Dr. J. Richard und Dr. M. Oxner in Monaco für alle mir hierbei erwiesene Hilfe und Liebenswürdigkeit herzlich zu danken.

Ferner habe ich noch die betreffenden Verhältnisse bei mehreren anderen Echinodermen untersucht. Ich nenne hier ganz besonders *Asterias rubens* Lin., *Astropecten irregularis* (Penn.), *Solaster papposus* (Fabr.), *Ophiothrix fragilis* (O. F. Müll.) und *Antedon petasus* (Düb. & Kor.).

In der folgenden Beschreibung werde ich die betreffenden Verhältnisse bei *Parechinus miliaris* eingehender berücksichtigen und dieselben bei den anderen Echinodermen nur im Anschluss kurz besprechen, wenn sie sich für die Fragen erläuternd oder sonst interessant erwiesen. Was die angewandten *Methoden* betrifft, so habe ich, so weit es möglich war, frisches Material untersucht; für die *feineren* Strukturverhältnisse kommt man bekanntlich auf diesem Gebiete mit dieser Methode nicht weit, wenn man etwas sicher erfahren und eruieren will. Dann muss man zur Fixierung übergehen. Ich habe hierfür mehrere Methoden angewandt, v. a. die Sublimatlösung (5—15 %), die Zenker'sche Mischung, die Flemming'sche Mischung und die Hermann'sche Mischung, sowie die Pikrinsäure-Essigsäure-Mischung nach Hertwig-Boveri's Angaben. Von diesen haben sich die Zenker'sche und die letztgenannte (Boveri'sche) Mischung am besten bewährt. Zur Färbung der Mikrotomschnitte ist v. a. die Hämatoxylinmethode nach Heidenhain benutzt, mit Nachfärbung in Erythrosin oder Eosin. Wenn andere Methoden gebraucht wurden, wird dies an den betreffenden Stellen angegeben.

Die Darstellung wird am besten auf mehrere besondere Kapitel verteilt, und zwar unter diesen Rubriken:

1. Die Ovarialeier von Parechinus miliaris in ihrer Entwicklung bis zur Reife.
2. Die reifen unbefruchteten Eier.
3. Die befruchteten Eier.
4. Die cytolytischen Erscheinungen in den Eiern.
5. Die Einwirkung verschiedener Agentien auf die Eier und die künstliche Parthenogenese.
6. Die Verhältnisse bei anderen Echinodermen hinsichtlich der Eistruktur.
7. Die Verhältnisse bei einigen anderen Tieren hinsichtlich der Eistruktur.

## 1. Die Ovarialeier von Parechinus miliaris in ihrer Entwicklung bis zur Reife.

(Taf. I, Fig. 1—5; Taf. II.)

Wenn man die umfangreiche Literatur, in welcher die Eier der Echinodermen besprochen worden sind, durchmustert, trifft man im ganzen nur wenige Angaben über den Bau und das Verhalten der jungen, sich entwickelnden Eier. In Oscar Hertwig's bahnbrechenden Abhandlungen[1]) aus den Jahren 1876—1878 wurden die Ausreifung und Befruchtung des Seeigeleies und v. a. die Umwandlung des Keimbläschens in den Eikern zuerst klar erledigt und erläutert; der Bau der jüngeren Eier der Ovarien und die Struktur ihres Protoplasmas wurden aber dabei wenig berührt. Die Dottermasse, sagt er, ist eine homogene Eiweissubstanz, welcher kleine, runde, die Deutlichkeit des Eies wenig beeinträchtigende Dotterkügelchen und Körnchen eingelagert sind. Die Protoplasmastruktur war ja auch nicht der eigentliche Gegenstand seiner damaligen Untersuchung und übrigens wegen der relativ noch so wenig entwickelten histologischen Technik sehr erschwert.

Selenka[2]), welcher im J. 1877 die Befruchtung des Eies von *Toxopneustes variegatus* untersuchte und 1878 beschrieb, gibt zuerst von dem Eierstockei eine mit Abbildungen versehene eingehendere Beschreibung. Bei jungen Seeigeln zeigen die verzweigten Ovarialschläuche einen einfachen inneren Epithelbelag, dessen Zellen zweierlei Schicksal erfahren: entweder schnüren sie sich vollständig ab und bilden die eigentlichen Eier oder bleiben als Mutterzellen liegen, um durch Zellteilung wiederholt Tochterzellen entstehen zu lassen, welche den Eizellen nur zur Nahrung dienen (die Nährzellen Ludwig's oder die Abortivzellen). Auf welche Weise die abgeschnürten Eizellen ersetzt werden, konnte Selenka aus seinen Präparaten nicht eruieren. Die Abortivzellen liegen kettenweise zwischen den Eizellen, dicht auf denselben und gehen endlich zu Grunde, in Form von flottierenden Lappen und Körnchen. Es bestehen diese Zellen ursprünglich aus einem klaren Protoplasma, Zellkern und Kernkörperchen, hier und da mit nachweisbarer Membran. Die *Eier* erhalten ihre Nahrung durch die erwähnten Abortivzellen, aus dem Blutplasma im Ovarialraum und aus dem durch die Ovarialwandung diffundierenden Blutplasma der Leibeshöhle. Indem die Eier nun wachsen und häufig Birnenform annehmen, bleiben sie in der Regel mit einem Stiele an der Wandung; nur selten lösen sie sich schon früh von der Wandung ab, um in den Nährzellen eingebettet zu liegen. Während des Wachstums treten folgende Veränderungen an den Eiern ein: wenn der Dotter auf die Hälfte seines definitiven Durchmessers herangewachsen ist, lagert sich auf ihm »eine sehr dünne, pellucide und körnchenfreie Protoplasmaschicht ab, die man die mittlere Dotterschicht nennen kann, im Gegensatz zu der inneren und der später sich auflagernden äusseren körnigen Dotterschicht«. Die morphologische und physiologische Bedeutung dieser mittleren Dotterschicht vermochte Selenka nicht zu eruieren; sie bildet aber jedenfalls zwischen der schon von E. van Beneden beschriebenen inneren und äusseren Schicht eine Grenze. Nach dem Beginn der Ablagerung der äusseren Dotterschicht entsteht der homogene, anfangs dünnflüssige oder schleimige, später an Konsistenz zunehmende Gallertmantel, vermutlich als Abscheidungsprodukt der ersteren. Die körnchenarme periphere Grenzschicht der äusseren Dotterschicht entsendet in den Gallertmantel blasse Pseudopodien, die immer zahlreicher und feiner werden und schliesslich als zahllose radiäre Strahlen den Mantel bis zur Peripherie durchsetzen; offenbar vermitteln sie die Ernährung; wenn das Ei seine endgültige Grösse erreicht hat, ziehen sie sich zurück. Die Radien erhalten sich aber als feine Kanäle »noch bis nach der Befruchtung, wo der Gallertmantel

[1]) Oscar Hertwig, *Beiträge zur Kenntniss der Bildung, Befruchtung und Theilung des thierischen Eies.* Morpholog. Jahrb., 1. Band, 1876. — Dito, zweiter Theil. Morphol. Jahrb., 3. Band, 1877. — Dito, dritter Theil. Morphol. Jahrb., 4. Band, 1878.

[2]) Emil Selenka, Zoologische Studien. I. *Befruchtung des Eies von Toxopneustes variegatus.* Ein Beitrag zur Lehre von der Befruchtung und Eifurchung. 1878.

überhaupt auffallend rasch quillt und schwindet». Während der Pseudopodienbildung wird die Kontur des Dotters höckerig, um später wieder eben zu werden; das Ei wird kugelförmig und liegt zuletzt frei im Ovarialsack.

Eine nähere Beschreibung der feineren Struktur des Eies gab SELENKA nicht. Die histologische Technik war ja auch zu jener Zeit noch nicht hinreichend ausgebildet. Seine Bemerkungen über die Bildung der Richtungskörper und das Verhalten des Eikerns bei der Reifung sind nicht klar und waren schon durch die Beobachtungen von FOL und OSCAR HERTWIG überholt. Die Mikropyle der Gallerthülle kannte er nicht.

Diese feinere Struktur der unreifen Eier der Echinodermen, des Protoplasmas derselben, besprach einige Jahre später, 1882, FLEMMING in seinem Werke »Zellsubstanz, Kern und Zellteilung». An frischen Eiern, äusserte er, sieht man eine Fadenstruktur nicht deutlich. An Chromsäurepräparaten erkennt man eine fädige Strichelung mit solcher radiärer Richtung in der Peripherie, »dass darin offenbar die spätere, deutlich radiäre Structur der reifen Eizelle angedeutet liegt. Die Fädchen erscheinen grösstenteils wie aus Körnerreihen zusammengesetzt, und sind auf kürzere Strecken verfolgbar; ob irgend ein netzförmiger Zusammenhang unter ihnen besteht, bleibt durchaus unentscheidbar; sie liegen hier bedeutend dichter gedrängt als die Fadenstränge im Säugetierei. Indessen liegt die Vermuthung doch wohl am nächsten, dass hier wie dort ein präformirter Fadenbau der Zellsubstanz besteht. — Am reiferen Ei der Echinodermen und so an vielen anderen hindern die an Grösse zunehmenden Dotterkörner die Wahrnehmung dieser Substanzen zu sehr».

RICHARD HERTWIG's im Jahre 1899 veröffentlichte Arbeit über die Seeigeleier, in welcher er auch die feinere Struktur des Protoplasmas bespricht, betraf nicht die jüngeren Eier des Ovariums, sondern das reife, unbefruchtete Ei, weshalb dieselbe im folgenden Kapitel angeführt werden soll.

Schliesslich habe ich noch zu erwähnen, dass ich kürzlich (1910) eine Abhandlung über die Struktur des Protoplasmas der Eier der Echinodermen publiziert habe.[1]) Da aber diese Abhandlung als eine vorläufige zu der hier vorliegenden Arbeit anzusehen ist und die dort gegebene Darstellung hier in erweiterter Form vorgelegt wird, so finde ich es nicht nötig, meine eben erwähnte Abhandlung in dieser geschichtlichen Resumierung zu referieren. Hier sei nur hervorgehoben, dass in einem Kapitel derselben »die unreifen Eier in den Ovarien» eingehender besprochen werden, und dabei sowohl die Struktur des Protoplasmas als die Ablagerung der Deutoplasmakörner beschrieben wurden. Hinsichtlich des Protoplasmas trat ich entschieden gegen die Auffassung desselben als alveolär und wabig im Sinne von BÜTSCHLI und WILSON auf, indem ich mit FLEMMING überall in diesen Eiern eine ausgesprochene Filarstruktur angetroffen hatte.

Wenn ich jetzt zu einer näheren *Darstellung dieser meiner Untersuchungen* über die Eier der Ovarien des Parechinus miliaris übergehe, kann ich aus meiner eben angeführten vorläufigen Abhandlung, die ich bei erneuertem Studium der vielen Präparate nur bestätigt gefunden habe, hier wörtlich das meiste wiedergeben, und dabei einige Zusätze und Hinweise auf die Figuren beifügen. Auf der Taf. II ist aus den gemachten Abbildungen eine Reihe von Figuren ausgewählt und zusammengestellt, welche den Gang der Ausbildung der Eier in verschiedenen Stadien darbieten.

Die kleinsten Eier liegen, wie u. a. SELENKA hervorhob, in den Ovarialschläuchen der dünnen Wandung dicht an (Fig. 1, 2), mit einer Fläche an ihr befestigt und mit dem Zellkörper mehr oder weniger in das Lumen hineinragend. Man findet an den Schnitten der Ovarialschläuche Reihen von solchen Eiern von etwas verschiedener Grösse und mit den noch kleineren sog. Abortivzellen (Nährzellen, LUDWIG) zwischen ihnen eingelagert. Nicht wenige dieser jungen Eier lösen sich aber schon früh von der Wandung der Schläuche ab und rücken, mehr oder weniger von den genannten »Abortivzellen» umgeben, in das Lumen hinein (Fig. 4, 5); kleinere und etwas grössere, höher entwickelte Eizellen liegen in dieser Weise umeinander, ohne bestimmte Anordnung und von einer verschiedenen Anzahl der »Abortivzellen» umgeben; zuweilen liegen sogar Gruppen von Eizellen dicht aneinander gedrängt, ohne Zellen der anderen Art zwischen sich (Fig. 5). Zuweilen sieht man grössere Eier, wie SELENKA abgebildet hat, mit einem schmäleren Ende noch der Wandung des Ovarialschlauches anliegen, während der grössere Teil des Eies eine Strecke weit in das Lumen hineinragt (Fig. 5). Die Gestalt der jungen Eier ist bald mehr rundlich, bald mehr oval, bald, und ausserordentlich oft, unregelmässig, eckig, offenbar durch die Lage zwischen den Nachbarzellen geformt.

Wenn man nun den Bau der kleineren Eier an solchen Schnitten von gut fixiertem Material untersucht, findet man an ihrem Umriss zwar eine scharfe Begrenzung, aber keine besondere Hülle. Sie haben in ihrem

[1]) GUSTAF RETZIUS, *Zur Kenntnis der Struktur des Protoplasmas, besonders in den Eiern der Echinodermen.* Arkiv för Zoologi, utg. af K. Svenska Vet. Akad. i Stockholm, Band 6, N:o 12, 1910.

Inneren ein bald mehr kugeliges, bald mehr ovales, nicht selten etwas unregelmässiges Keimbläschen, dessen Grösse im allgemeinen nach der Grösse des Eies proportioniert ist. Dies Keimbläschen ist aber im ganzen gross, immer grösser als die Kerne der »Abortivzellen». Es hat schon früh eine deutlich ausgesprochene Kernmembran, enthält ein grosses, kugliges Kernkörperchen und eine Anzahl von Chromosomen, welche aus Körnchenreihen bestehen, die den Lininfäden anhaften, und in dem reichlichen Kernsaft in verschiedenen Richtungen sowie in wechselnden Biegungen angeordnet sind. Ausserdem bemerkt man im Kernsaft eine andere Art von feineren Körnerreihen, welche mehr oder weniger verzweigt sind und die Hämatoxylinfarbe bei der Differenzierung weit früher als die Chromosomen abgeben. Ob diese feineren Körnerfasern natürlich sind oder durch die Fixierungsflüssigkeit entstehen, konnte nicht festgestellt werden; manches spricht jedoch für das erstere Alternativ, und sind sie wohl dann als Lininfäden aufzufassen.

Das Keimbläschen liegt oft in dem nach aussen gekehrten Teil der Zelle, aber jedenfalls nicht immer.

Was nun die Struktur des eigentlichen *Protoplasmas* (Cytoplasmas) betrifft, so erkennt man überall, in jedem Eikörper, sogleich eine bedeutende Anzahl feiner Körnchen, welche nicht dicht gedrängt liegen, sondern durch eine helle Zwischensubstanz getrennt sind. Diese Körnchen nehmen die Hämatoxylinfarbe gut auf und behalten dieselbe bei der Differenziation ziemlich lange. Bei genauem Nachsehen findet man sie dann noch durch feine, weniger stark gefärbte Fasern verbunden. Ihre Kleinheit und ziemlich dichte Zusammenlagerung verhindern aber in der Regel eine weitere Verfolgung dieser Körnchenfasern, und oft bekommt man den Eindruck von einer Netzstruktur. Wenn man aber viele Eier durchmustert, erhält man hier und da zur Ansicht Stellen, wo die Körnchenfasern mehr isoliert liegen und verlaufen, so dass man diesen Verlauf weiter verfolgen kann, indem die helle Zwischensubstanz reichlicher ist und dadurch die Verfolgung erleichtert. In Fig. 2 und 3 habe ich solche etwas grössere Eier abgebildet; besonders in der rechten Partie derselben erkennt man gekrümmte, mehr isolierte Fasern mit eingelagerten dunkleren Körnchen. Eine dichotomische Verzweigung dieser Fasern kommt oft hier und da zum Vorschein; dagegen ist offenbar an den Stellen, wo man die Fasern deutlich verfolgen kann, keine eigentliche Netzanordnung vorhanden. Die Fasern mit ihren Zweigen winden sich umeinander und zeigen keinen regulären Verlauf, keine konzentrische oder radiierende oder bestimmt regulierte Anordnung. Sie füllen den ganzen Raum von der Aussenoberfläche bis zur Kernmembran, nur in etwas mehr oder weniger dichter Lage, in der hellen Zwischensubstanz aus. Überall zeigen sie dieselbe Beschaffenheit und treten durch die verschiedenen Fixierungsmittel in gleicher Gestalt und Anordnung hervor. Sie entsprechen auch den schon von Flemming in lebenden, frischen jungen Eiern wahrgenommenen körnigen Fasern. In Übereinstimmung mit Flemming betrachte auch ich diese Körnchenfasern als ganz natürliche, nicht durch Niederschlag infolge der Fixationsmittel entstandene Bildungen. Mit Flemming sehe ich also die Struktur des Protoplasmas der jungen Eier des Seeigels als faserig an, indem es aus einer hellen, scheinbar strukturlosen, halbflüssigen Zwischensubstanz und in ihr suspendierten, mehr oder weniger dicht angeordneten und verzweigten, gebogenen und schlingernden, gekörnten feinen Fasern besteht. »Retikulär» im eigentlichen Sinne, netzförmig ist es offenbar nicht; es bildet *kein Netz*, sondern *ein Geflecht* mit zahlreichen dichotomischen Verästelungen der Fäserschen.

Eine schaumige, wabige, alveoläre Struktur ist in diesen jungen Eiern *nirgends* vorhanden. Dotterkörner sind auch noch nicht ausgebildet.

Wenn man nun die weitere Entwicklung dieser jungen Eier verfolgt, so tritt, bald früher, bald später, der Zeitpunkt ein, wo die Ablagerung der Dotterkörner beginnt. In der Regel geschieht dies zuerst in der Region des Protoplasmas, welche das Keimbläschen umgibt. Hier und da findet man einzelne rundliche hellere Flecke, in welchen das körnige Fasergeflecht sparsamer ist, wogegen es ringsum diese Flecke dichter erscheint. Auf der Tafel II sind einige Abbildungen von diesem Prozesse mitgeteilt. Die Fig. 6 und 7 zeigten in der Umgebung des Keimbläschens zerstreute Flecke von rundlicher oder ovaler, teilweise ausgezogener und gekrümmter Gestalt in dem dunkler gefärbten Mitomgeflecht. Diese hellen Partien sind in den Präparaten durch das Eosin ziemlich stark rötlich gefärbt, wogegen an ihnen nur einzelne von dem Hämatoxylin dunkel gefärbte Mitomkörner wahrzunehmen sind. In diesen helleren Flecken sieht man eine Zusammenzetzung aus rot gefärbten runden Körnern, welche schärfer hervortreten, wenn sie mehr isoliert liegen. Diese Körner sind neugebildete *Dotterkörner*, welche in solchen Haufen auftreten; die Haufen sind von dem dichten Mitomgeflecht des Protoplasmas umsponnen. Bei der weiteren Ausbildung des Dotters fliessen diese Haufen zuerst zu länglichen, wurstähnlichen, teilweise auch verzweigten Partien zusammen, wobei das Mitom hier allmählich an Menge reduziert wird (Fig. 8, 9, 10). Schliesslich bildet diese Dottermasse eine scheinbar zusammenhängende grosse Partie, welche die Region ringsum das Keim-

bläschen einnimmt. In der Fig. 10 sieht man nach unten von dem Keimbläschen und an den Seiten desselben die also gebildete, schon mehr zusammenhängende, helle, rotgefärbte Dotterkörnermasse. Hier und da sind in ihr noch einzelne dunkle gekörnte Mitomfasern sichtbar; und wenn man genauer untersucht, erkennt man in der Masse noch eine Zusammensetzung aus mehr oder weniger dicht liegenden Strängen von Dotterkörnern; in den schmalen Zwischenräumen zwischen ihnen liegen die Mitomfasern, welche sich um die Dotterkörnerstränge winden, aber auch hier und da einzelne feine Äste unter die Körner hineinsenden.

Nach aussen hin ist die Dotterkörnermasse nunmehr durch eine gewöhnlich scharf hervortretende, dunklere Linie begrenzt (Fig. 10), und nach aussen von dieser sieht man die noch zusammenhängende, unveränderte Mitomfasermasse. Diese Grenzlinie hat schon Selenka (1878) bemerkt und sie zum Unterschied von der inneren und der äusseren Dotterschicht als *mittlere Dotterschicht* bezeichnet. Selenka scheint, wie oben erwähnt wurde, angenommen zu haben, dass diese »mittlere Dotterschicht» als eine sich neu auflagernde Schicht bildet, und ihre Bedeutung nicht verstanden zu haben. Er äusserte nämlich von ihr: »Was die morphologische oder physiologische Bedeutung dieser mittleren Dotterschicht sei, weiss ich nicht; sie verhält sich bei der sogleich zu besprechenden Pseudopodienbildung der äusseren Dotterschicht passiv und erleidet nur geringe Conturveränderungen ... Mit der Rückbildung der Pseudopodien der äusseren Dotterschicht verschwindet zugleich die mittlere Schicht, und der Dotter erscheint dann gleichmässig körnig.» Selenka scheint ferner angenommen zu haben, dass sich die äussere Dotterschicht, von deren äusserer Oberfläche er Pseudopodien hinauswachsen lässt, durch Auflagerung bilde. Ich führe nochmals diese seine Worte an, weil ich diese seine Ansicht gar nicht teilen kann und sie hier zu beleuchten wünsche.

Was stellt dann diese »mittlere Dotterschicht» Selenka's dar? Sie ist keine besondere, durch Auflagerung entstehende Schicht, sondern nur eine etwas kondensierte Lage des Mitomgeflechtes des Protoplasmas, welches bei der intensiven Dotterkörnerbildung in der inneren Dotterregion entsteht und die Grenze gegen die äussere Mitomregion bildet. Interessant ist indessen zu sehen, wie diese Grenzlage stets als eine scheinbar zusammenhängende, äusserst dünne Schicht auftritt, die an Schnitten als eine Linie erscheint (Fig. 10). Wenn man sie bei starker Vergrösserung untersucht, erkennt man, besonders an Schnitten, welche sie schief oder tangential getroffen haben, dass diese sog. Mittelschicht keine eigentliche Schicht ist, sondern aus flächenhaft verbreiterten, offenbar durch den Druck der anwachsenden Dotterkörnerregion etwas zusammengedrückten Mitomgeflechten besteht. Eine durch Auflagerung neugebildete Schicht ist sie jedenfalls nicht.

Ebenso wenig stellt »die äussere Dotterschicht» eine neue Auflagerung dar, sondern entspricht dem übrig gebliebenen, noch nicht mit Dotterkörnern versehenen, nur aus Mitom und Paramitom bestehenden Protoplasma. Dass hier bei der fortschreitenden starken Vergrösserung der Eier während der Entwicklung eine bedeutende Vermehrung des Protoplasmas vorsichgeht, ist offenbar; dieser Anwachs geschieht aber gewiss nicht durch eine »Auflagerung» von neuen Schichten, sondern durch eine »innere», im Inneren des Protoplasmas vorsichgehende Vermehrung sowohl von Mitom- als von Paramitomsubstanz. Ich habe mich vielfach bemüht, diesen so äusserst wichtigen Prozess zu verfolgen. Man ist ja immer mehr zu der zwar hypothetischen, aber recht plausiblen Anschauung gekommen, dass ein solcher Anwachs durch eine Art »Teilung» der schon vorhandenen Substanzbestandteile entstehe. Leider steht man aber hier wieder an der Grenze des Sichtbaren, und die Untersuchung stösst auf die grössten Schwierigkeiten. Meine Versuche, der Lösung dieses Fundamentalproblems näher zu kommen, sind auch an diesen Schwierigkeiten gescheitert.

Ebenso hat sich erwiesen, dass die Neubildung der Dotterkörner sehr schwer zu eruieren ist. Man hat dieselben hin und wieder als eine weitere Entwicklung der Körnchen der Filarsubstanz (des Mitoms) aufgefasst. Dass diese Substanz dabei beteiligt ist, kann man wohl u. a. daraus schliessen, dass die Körnchenfasern die neugebildeten Haufen und Stränge der Dotterkörner eng umspinnen. Nie gelang es mir aber, einen wirklichen Übergang dieser Körnchen in Dotterkörner nachzuweisen. Da die eine Art sich stark mit Hämatoxylin, die andere mit Eosin färbt, würde man beim Übergang der einen in die andere Zwischenstufen nachweisen können. Dies ist bis auf weiteres nicht gelungen. Ich werde mich deshalb von Konklusionen abhalten, da man durch hypothetische Annahmen — auch wenn sie sehr plausibel klingen können — eigentlich nicht weiter zur Wahrheit gelangt, sondern im Gegenteil nicht gar selten die Forschung auf Irrwege führen kann. In diesem Falle hat man es ja nicht nur mit dem strukturierten Mitom, sondern auch mit dem scheinbar unstrukturierten, aber in seiner chemischen Zusammensetzung auch gewiss komplizierten Paramitom zu tun.

Die äussere, ausserhalb der Dotterkörnerregion gelegene, noch ganz aus Mitom und Paramitom bestehende Protoplasmaschicht (Fig. 10) wird, obwohl mit der Vergrösserung des Eies sich vergrössernd, beim Anwachs der genannten Region doch allmählich dünner; und zuletzt findet sie sich an der äusseren Fläche des Eies nur noch als eine sehr dünne Schicht, in welcher man aber noch immer die Körnchenfasern in geflechtartiger Anordnung erkennt. In den Fig. 11, 12, 13 der Taf. II sind drei Eier in solchen Stadien abgebildet, in welchen die Dotterkörnerregion sich immer mehr erweitert und nach aussen hin rückt, und die äussere Mitomregion sich allmählich verschmälert. In Fig. 14 ist eine Partie eines Eies wiedergegeben, in welchem durch eine lokale Anhäufung des Paramitoms die Mitomfasern besonders schön isoliert und die sich anlegende Dotterkörnermasse mit den sie durchspinnenden Mitomfasern gut hervortritt.

Im Zusammenhang mit der starken Vergrösserung der Eier und der Neubildung der Dotterkörner in ihrem Protoplasma geht die ganze Anreifung vor sich. Die Eier rücken immer mehr ins Lumen der Ovarialschläuche hinein. An ihrer Oberfläche haben sich die gelatinösen Hüllen, die man zuweilen als den Zonae pellucidae der Eier der höheren Tiere homolog bezeichnet hat, obwohl in der Tierreihe im ganzen manche verschiedene Anordnungen zu verzeichnen sind, gebildet. Die sog. »Abortivzellen» — deren Benennung »Nährzellen» wohl besser ihren Dienst ausdrückt, obwohl die ganz gesicherten Beweise auch in dieser Beziehung noch nicht vorliegen — sind sehr verändert und teilweise zu dünnen Platten ausgezogen worden. Die Keimbläschen mit ihrer nunmehr dicken Membran, ihrem Kernkörperchen, in welchem man sehr oft vakuolenartige Räume findet, ihren Chromosomenreihen und ihrem Lininnetz sind sehr stark vergrössert worden.

Aus dieser Darstellung geht also hervor, dass das Protoplasma der Eizellen schon von Anfang an aus dem Paramitom und dem in demselben ausgespannten Mitomgeflecht besteht; ferner dass diese Substanzen mit dem Anwachsen der Eizellen sich immer vermehren, aber dabei ihre Struktur behalten, und schliesslich dass in ihnen allmählich die Dotterkörner — das Deutoplasma — auftreten und zwar zuerst in der Umgebungszone um den ebenfalls anwachsenden Kern; die Dotterkörner legen sich dabei zuerst in kleineren Haufen an; diese wachsen zu Strängen an, welche von Mitomgeflechten umsponnen sind. Und so geht die Ausbildung der Eier immer weiter, bis die schliessliche Grösse erreicht ist und die Dotterkörnermasse das ganze Protoplasma, von der Kernmembran bis zur nächsten Nähe der Eioberfläche, durchdrungen hat, indem zwischen ihren gewundenen Strängen und Balken nur eine relativ geringere Menge von Mitom- und Paramitomsubstanz geblieben ist. An der äussersten Oberfläche des Eies findet sich aber stets eine sehr dünne Schicht von Protoplasma ohne Beimengung von Dotterkörnern.

In dieser Weise geht das Ei allmählich zu seiner sog. Ausreifung über, bei welcher das Keimbläschen, teilweise unter temporären Umlagerungen im Protoplasma, seine sonderbaren Umgestaltungen und Reduktionen erleidet.

Ein solches fertiges, aber noch nicht ausgereiftes Ei ist in der Fig. 15 der Taf. II wiedergegeben. Die ganze Form dieser Eier ist, wie bei allen noch in den Ovarialschläuchen befindlichen Eiern in den verschiedenen Stadien, ziemlich verschiedenartig und unregelmässig, in Folge der Enge des Raumes, wodurch sie gegeneinander gepresst, resp. teilweise abgeplattet und eckig werden. Sphärisch sind sie noch selten, öfter unregelmässig oval. Der Zellkörper besteht überall aus dem geschilderten Mitomgeflecht mit den zahlreichen ein- und angelagerten feinen, sich mit Hämatoxylin dunkelfärbenden Körnern und der hellen Zwischensubstanz, dem Paramitom, sowie aus den Deutoplasmasträngen, welche in wechselnder Richtung verlaufen und an den dünnen Mikrotomschnitten in verschiedenster Weise getroffen werden. Das Keimbläschen stellt einen sehr grossen Kern dar, dessen Membran im ganzen dick, von gleicher Stärke und undurchbrochen ist; wenn die Kernmembran, wie in Fig. 13 der Taf. II, in den Präparaten z. T. ihre Fläche darbietet, sieht man sie also ohne natürliche Löcher; an ihr erkennt man gewöhnlich eine feine, obwohl nicht scharf ausgeprägte, netzförmige Zeichnung, die aber kaum ihrer Struktur angehört, sondern wohl von an ihr gelagerten feinen Fasern des Kerninnenraums herrührt, denn äussere Mitomfasern sind sie nicht; sie haben nicht deren Aussehen und Beschaffenheit. Die Kernmembran zeigt sich in den Präparaten sehr oft etwas gerunzelt, mit kleinen wellenförmigen Biegungen versehen; dies rührt wohl von einer stärkeren Schrumpfung des »Kernsaftes» als der Membran selbst in Folge der Fixationsbehandlung her. Im Inneren des Kerns findet man eine relativ bedeutende Menge von Kernsaft und, in ihm schwebend, die schon oben beschriebenen Lininfasern mit an- und eingelagerten feinen Chromosomkörnchen, und zwar in so wechselnder Anordnung, dass ich keine Regeln dafür angeben kann. Ausserdem bemerkt man noch das sehr feine, ziemlich sparsame Netz von Fäserchen, welches entweder als ein Lininnetz ohne Chromosomenkörnchen oder auch als durch Reagenzienfällung entstanden angesehen werden mag. Schliesslich liegt in dem Kernsaft auch der grosse, runde

Nucleolus, in welchem oft die bekannten »Vakuolen» sichtbar sind. Statt eines einzigen grösseren Nucleolus sind, wie O. HERTWIG schon längst bemerkte, neben ihm oder zuweilen allein mehrere kleinere Nukleolen vorhanden.

Die in solcher Weise ausgebildeten Eier haben sich allmählich zum grössten Teil ins Innere des Lumens der Ovarialschläuche gezogen, wo sie den Reifungsprozess durchgehen sollen. Teilweise sind sie jedoch noch an den Wänden der Schläuche gelegen.

In der bisherigen Darstellung sind die die Eier umgebenden *Hüllen* nicht berührt. Da ich bei der Beschreibung der reifen und der befruchteten Eier ausführlicher auf die Behandlung dieser Frage zurückkomme, so will ich hier nur hervorheben, dass schon früh, an den jungen Eiern, eine gelatinöse Hülle auftritt, welche anfangs sehr dünn ist, allmählich aber an Dicke wächst und schliesslich eine bedeutende Stärke erhält. In den Fig. 1, 2, 3, 4, 5 der Taf. I ist diese Hülle an den Eiern in schwacher Vergrösserung (Ver. Obj. 2 und Ok. 3, eingesch. Tub.), im optischen Durchschnitt wiedergegeben. Diese Hüllen sind auch an jüngeren Ovarialeiern der Seeigel bekannt und besonders von SELENKA beschrieben und abgebildet worden. Ihm war aber das Vorhandensein einer die Hülle durchdringenden Mikropyle noch unbekannt geblieben. Erst im J. 1901 wurde sie von BOVERI[1]) entdeckt, und zwar bei den reifen Eiern von Strongylocentrotus lividus, indem er zu dem Meereswasser, in welchem die abgegebenen Eier lagen, eine fein zerriebene Tusche zusetzte und danach den Mikropylekanal mit Tuschekörnchen gefüllt sah. Als ich diese Untersuchungsreihe begann, war mir diese Entdeckung BOVERI's, die in einer mir nicht zugänglichen Schrift veröffentlicht war und in der Literatur wenig erwähnt ist, noch nicht bekannt. Ich versuchte indessen an den Eiern von Parechinus miliaris eine Methylenblaulösung hinzuzusetzen und wurde durch die Resultate, die ich hierdurch erhielt, in Erstaunen gesetzt.[2]) An jedem Ei trat, nachdem die Lösung etwas eingewirkt hatte, eine schöne Blaufärbung der Oberfläche auf, und an derselben zeigte sich ein kleines, rundes Loch, das offenbar die Öffnung eines Mikropylekanales darstellte. Bei starker Vergrösserung der blaugefärbten Oberfläche fand ich, dass die Farbe an kleine, dicht gedrängte Körnchenreihen gebunden war. Da ich bei der Beschreibung der reifen Eier auf diese Bauverhältnisse zurückkomme, gehe ich hier nicht weiter auf sie ein. Sowohl nach aussen als nach innen hin ist die Hülle scharf begrenzt; ihre innere Fläche liegt der Oberfläche des Eies dicht an; es entsteht nun die Frage, ob die Innenfläche der Hülle von einer Begrenzungshaut bekleidet ist oder nicht, oder ob das Ei selbst ein besonderes Oberhäutchen besitzt. Da ich bei den reifen Eiern auch diese Frage eingehender behandeln werde, lässt sie sich am geeignetsten bis dahin aufschieben.

Wenn man die aus den Ovarialschläuchen herausgeholten jungen Eier zu dissoziieren sucht, erkennt man, dass viele von ihnen durch Brücken der gelatinösen Hüllen miteinander zusammenhängen. Die Fig. 3 und 4 der Taf. I stellen solche mit einander durch ausgezogene Fortsätze der Hüllen entstandene Brücken dar. Die Grenzflächen dieser Fortsätze finden sich gewöhnlich an der Mitte der Brücken und sind bald kleiner, bald grösser. Bei solchen zusammenhängenden Eiern erkennt man, dass die Mikropyle an verschiedenen Stellen der Eioberfläche liegen kann; nie aber entspricht sie der Anheftungsfläche der Brücken, was ja auch a priori anzunehmen war. BOVERI hält es für wahrscheinlich, dass die Mikropylen den von SELENKA beschriebenen ursprünglichen Anheftungsflächen der jungen Eier an der äusseren Wandung des Ovarialschlauches entsprechen; BOVERI denkt sich hierdurch eine Ursache zur Entstehung der Mikropyle. Wie ich oben bemerkt habe, sind jedenfalls nicht alle Eier durch solche längere Fortsätze mit kleiner Fussfläche eine gewisse Zeit mit der Schlauchwandung verbunden. Viele sind lange an ihr mit breiter Fussfläche angeheftet, viele andere lösen sich von ihr sehr früh ab und liegen frei im Inneren des Schlauches, nur von anderen Eizellen und von Nährzellen umgeben. Übrigens habe ich auch an solchen, der Schlauchwandung mit schmalem Fuss angehefteten Eiern, von denen SELENKA ein Beispiel wiedergibt, eine Mikropyle hoch oben an der freien Eioberfläche nachweisen können. Ich bin deshalb nicht der Meinung, dass die Mikropyle der Seeigeleier an der fraglichen Fussfläche entsteht und dass ihr Entstehen durch dieselbe ihre Erklärung findet.

Nachdem die Eier im Ovarialschlauche die nun beschriebene Ausbildung erreicht haben, tritt bald der eigentliche Reifungsprozess ein, indem ihr Keimbläschen eine doppelte Kernteilung, resp. Zellteilung, erfährt, und die beiden Richtungs- oder Polarkörper gebildet und abgegeben werden. Dieser Prozess geht in jedem Ei wahrscheinlich ganz schnell vor sich, denn in den äusserst zahlreichen Eiern, die ich in meinen Präparaten durchgemustert habe, fand ich diese Kernteilung nur in vereinzelten Fällen. Ich werde mich deshalb hier nicht bei diesem Prozess aufhalten, um so viel mehr, als man ihn bei weitem besser in den Asteriaseiern studiert.

---

[1]) TH. BOVERI, *Ueber die Polarität des Seeigel-Eies.* Verhandl. d. physik. medic. Gesellsch. zu Würzburg. 34. Band, 1901.

[2]) GUSTAF RETZIUS, *Till kännedomen om byggnaden af echinidernas ägg,* med särskild hänsyn till dess hinnor. Arkiv för zoologi, utg. af K. Svenska Vet. Akad. i Stockholm, Band 6, N:o 10, 1909.

## 2. Die reifen Eier.

Ich gehe deshalb zur Darstellung der *reifen* Eier über und führe wieder aus meiner vorläufigen Mitteilung einzelne Stücke an. Solche Eier mit ihrem so stark reduzierten Eikern, welcher bekanntlich in der Regel etwas exzentrisch im Ei liegt, trifft man im Juli und August in den Ovarialschläuchen von Parechinus miliaris in grosser Menge zusammen mit noch nicht ganz angereiften, auf früheren Ausbildungsstadien befindlichen Eiern. Die von den Tieren abgehenden Eier sind auch zum allergrössten Teil reif; unter denselben kommen aber noch einzelne unreife, mit grossem Keimbläschen versehene Eier vor, bei denen also der Teilungsprozess der Richtungskörperbildung noch nicht vorsichgegangen ist.

Wenn man nun die Anordnung des Protoplasmas in den reifen Eiern mit dem reduzierten Eikern näher studiert, findet man diese Anordnung mit dem hier oben beschriebenen Prozess der Eiausbildung übereinstimmend. Da ich in der mir zugänglichen Literatur keine Beschreibung von dieser wichtigen Struktur finden konnte, glaubte ich zuerst, dass vielleicht Fixierungseinflüsse vorliegen könnten. Bei einem eingehenden Studium des in verschiedener Weise fixierten und behandelten Materials kam ich aber zu der sicheren Überzeugung, dass hier keine Täuschung vorliegen könne. Ich habe seitdem eine grosse Menge von Eiern untersucht und in den reifen, noch nicht befruchteten Eiern stets dieselbe Struktur gefunden.

In allen solchen Eiern findet man nämlich eine Anordnung der Dottermasse in gewundenen Balken oder Strängen, welche mit der schon oben dargestellten Anordnung der noch nicht reifen Eier übereinstimmt. Die Fig. 1 der Taf. III gibt eine Vorstellung von diesen Verhältnissen im reifen Ei. Sie stellt einen dünnen Schnitt durch ein ganzes Ei dar, an welchem der Eikern mit seinen Chromosomen getroffen ist. Der ganze Dotter zeigt einen solchen Bau aus Dotterbalken, welche in verschiedenen Richtungen, oft schief oder quer hinüber, verlaufen. Diese Balken oder Stränge bestehen aus dicht gedrängten Dotterkörnern, welche in den Präparaten durch Eosin rot gefärbt sind, und von einem Geflecht von dunklen (durch Hämatoxylin gefärbten), mit Körnern besetzten Fasern dicht umsponnen sind. Zwischen diesen Balken erkennt man helle Spalträume von etwas verschiedener Weite, in denen nur hier und da einzelne Fasern von einem Balken zu einem Nachbarbalken hinüberlaufen. In den verschiedenen Eiern sind diese hellen, von Paramitom gefüllten Zwischenräume von sehr wechselnder Weite, wodurch die Balkenanordnung verschieden deutlich hervortritt. Man hat es natürlich hier mit minimalen Grössenverhältnissen zu tun, weshalb sie, weil man es mit perspektivischen Bildern zu tun hat, besonders schwer abzubilden sind. Die Fig. 1 ist bei der Vergrösserung von Zeiss' Apochrom. 2 mm Ap. 1,30, Okul. 12 gezeichnet; im Mikroskope sieht man aber die Anordnung noch weit deutlicher hervortreten. Ich habe deshalb in Fig. 2 derselben Tafel etwa $^2/_3$ eines ebensolchen Präparates in noch 2 mal linearer Vergrösserung abgebildet und ausserdem in den Fig. 3—7 einzelne Partien von Präparaten mit wechselnder Weite der Paramitomräume wiedergegeben. Die Fig. 5 und 7 sind in dreimaliger linearer Vergrösserung der genannten Zeiss'schen Bilder gezeichnet. In Fig. 3 sind die Paramitomräume so stark reduziert, dass die Deutoplasmabalken einander dicht anliegen und ihre Grenzen nur durch die umspinnenden Mitomgeflechte angegeben sind. Zwischen diesem »kompakten» Zustand und dem mit weiten Paramitomräumen kommen alle Übergänge vor. Man sieht hier zwei Stücke von solchen Dotterkörnerbalken mit dem umspinnenden Mitomgeflecht und dem zwischen ihnen befindlichen Paramitomraum, durch welchen einige Mitomfasern hinüberlaufen. Diese Paramitom- oder Interfilarmassenräume können also, wie eben hervorgehoben, sowohl in demselben Ei als in den verschiedenen Eiern von verschiedener Weite sein; je nach ihrer Weite ist deshalb die Balkenanordnung mehr oder weniger deutlich ausgesprochen. Sie ist aber immer vorhanden und nicht nur durch die genannten Räume, sondern auch durch die Mitomfasern angegeben. Sie nimmt das ganze Protoplasma vom Eikern bis zur Oberfläche des Eies ein. An der äussersten Oberfläche erkennt man oft eine sehr dünne Lage, in welcher Dotterkörner fehlen oder wenigstens selten zu sehen sind, im übrigen hat man aber überall denselben Bau.

Ich habe mich bemüht, in der Anordnung der Balken Regeln zu finden. Da man ja bekanntlich am befruchteten Ei nachgewiesen hat, dass die beiden Polregionen und die Mittelregion in der weiteren Entwicklung ganz verschiedene Aufgaben haben, indem die drei Regionen den drei Primitivorganen der Larve entsprechen, nämlich am animalen Pole dem Ektoblast, am vegetativen Pole dem primitiven Mesenchym und dem Larvenskelett, und an der Zwischenregion dem Darm und seinen Derivaten — so dachte ich mir die Möglichkeit, dass

eine derartige Einteilung schon beim umbefruchteten, reifen Ei in der Anordnung der Dotterbalken ausgesprochen und nachweisbar wäre.

Leider ist es mir aber nicht gelungen, eine derartige Anordnung zu finden. Falls wirklich Regeln für eine solche vorhanden sind, konnte ich sie doch an den dünnen Schnitten nicht dartun. Überall sah ich die Balken ohne bestimmbare Ordnung in verschiedenster Richtung, teils der Länge, teils der Quere nach, aber besonders schief zur Eiaxe verlaufen. Und ich musste bis auf weiteres die Hoffnung aufgeben, Regeln für die Anordnung derselben darzulegen (s. unten).

Es wäre ja möglich, dass eine solche Anordnung erst nach der *Befruchtung* und durch dieselbe entstehe. Durch diesen wundervollen Prozess wird nämlich, wie bekannt, eine Umordnung im Ei hervorgerufen.

Die eben beschriebene Balkenordnung im Ei ist auch an der Eioberfläche selbst wahrzunehmen. Dies lässt sich an dünnen Schnitten, wo diese Oberflächenschicht vorliegt, gut sehen. Die Fig. 8 und 9 der Taf. III zeigen zwei solche Oberflächenpartien; die Mitomgeflechte verlaufen hier reichlich auch über (nach aussen von) den Balken, und unter ihnen schimmern die roten Deutoplasmabalken und die hellen Paramitomräume hervor.

Wie aus dieser Darstellung hervorgeht, zeigt der Bau der reifen Eier hinsichtlich der Anordnung ihres Protoplasmas und Deutoplasmas dieselben Verhältnisse wie diejenigen der fertig ausgebildeten, aber nicht ausgereiften Eier. Der einzige *sichtbare* Unterschied im Baue dieser zwei Eierarten liegt also im Kern: Das Keimbläschen der nicht ausgereiften und der Eikern der reifen Eier sind bekanntlich in hohem Grade einander ungleich, wie auch eine Vergleichung der Fig. 15 der Taf. II und Fig. 1 und 2 der Taf. III sogleich zeigt. Die Grösse der beiden Kernarten ist so verschieden, dass man wohl versteht, dass es den Biologen ein schwieriges Problem war, den Übergang des einen in den anderen zu eruieren, bis Oscar Hertwig dieses Problem definitiv löste. Zu der kolossalen Reduzierung des Kernvolumens kommt bei den Seeigeleiern noch das Schwinden des grossen Kernkörperchens hinzu.

Den hier beschriebenen Bau des Eikörpers habe ich auffallender Weise in der bisherigen schon sehr reichen Literatur über die Seeigeleier nicht erwähnt finden können. Zum Teil hängt dies wohl davon ab, dass man in letzterer Zeit recht allgemein die Struktur des Eiprotoplasmas nach Bütschli's Schaum- und Wabentheorie aufgefasst und also angenommen hat, dass die Dotterkörner nur in den zahllosen Alveolenräumen aufbewahrt liegen. Aber auch die Autoren, welche eine Netzstruktur oder eine Geflechtstruktur des Eiprotoplasmas anerkannten, haben die Balkenanordnung des von Mitomgeflechten umsponnenen Deutoplasmas nicht wahrgenommen und noch weniger beschrieben. Jedenfalls ist es mir nicht gelungen, in der betreff. Literatur etwas darüber zu finden. In den zusammenfassenden Werken, wie z. B. in Edm. B. Wilson's »The Cell in development and inheritance» (1906) und in Oscar Hertwig's Allgemeine Biologie (1909) konnte ich nichts hierüber erwähnt finden. Ich habe deshalb hier diese Frage ausführlicher behandelt, und dies um so mehr, als ich dasselbe Bauprinzip in vielen anderen Tiereiern wiedergefunden habe. Die Entstehung der Deutoplasmabalken während der Ausbildung der Eier in den Ovarialschläuchen habe ich verfolgt und oben beschrieben. Im folgenden soll ihr Verhalten im befruchteten Ei dargestellt werden. Zuerst mag aber einiges über das Verhalten der *Eihäute* der reifen Eier mitgeteilt werden.

An den noch in den Ovarialschläuchen befindlichen, wie auch an den aus ihnen entleerten ausgereiften Eiern findet man eine *gelatinöse Hülle* von ganz derselben Beschaffenheit wie an den sonst fertigen, aber noch nicht ausgereiften Eiern, wie sie oben kurz beschrieben wurde. Bei den in den Schläuchen noch liegenden Eiern ist, wie erwähnt, die Gestalt der Eier noch in verschiedener Weise unregelmässig, je nach ihrer gepressten Lage zwischen den Nachbareiern; sobald sie aber ins Seewasser entleert sind, nehmen sie bekanntlich infolge der Oberflächenspannung eine sphärische Form an, und die gelatinöse Hülle richtet ihre Form nach derjenigen des Eies. Die Hülle kann eine verschiedene Dicke darbieten, indem sie bald mehr geschwollen, bald mehr zusammengezogen ist. Im allgemeinen erscheint sie ziemlich stark geschwollen, wie an der Fig. 7 der Taf. I. Um das Verhalten der Hülle und speziell das Vorhandensein der Mikropyle darzutun, habe ich gewöhnlich etwas Methylenblaulösung oder Rosanilinlösung hinzugesetzt. Hierdurch entstand bald eine allmählich fortschreitende Zusammenziehung und Verschmälerung der Hülle (Fig. 6, 8, 9 der Taf. I). Zugleich trat aber auch das runde Loch, resp. der Kanal der Mikropyle hervor, und die Oberfläche der Hülle färbte sich immer stärker. Die von mir schon oben kurz beschriebene äussere Grenzschicht der Hülle zeigte bei starker Vergrösserung die eigentümliche Zeichnung von kurzen, mehr oder weniger gekrümmten, über die ganze Oberfläche zerstreuten Körnchenreihen, welche eben die Farbe aufgenommen hatten. In Fig. 17 der Taf. III ist ein Segment der sphärischen Oberfläche eines Eies mit dem in Methylenblau gefärbten Oberhäutchen der Hülle wiedergegeben. Etwa an der Mitte der abgebildeten Partie erkennt man die Mikropyleöffnung als helles rundliches Feld, in welchem die genannten blauen Körnchenreihen fehlen; ein Stückchen von dem

abgerunden Rande des Segmentes erkennt man die Grenze des Eies selbst; die Partie nach aussen von derselben zeigt die Dicke der Hülle. Die Vergrösserung ist Zeiss' Apochrom. 2 mm Ap. 1.30, Okul. 12. In Fig. 18 ders. Tafel ist von einem anderen Ei die Mikropyleöffnung mit der nächsten Umgebung des mit Methylenblau gefärbten Oberhäutchens ganz von oben her bei derselben Vergröss. abgebildet, und in Fig. 19 findet man eine Partie des mit Rosanilin gefärbten Oberhäutchens mit der Mikropyleöffnung wiedergegeben. Die Reihen von gefärbten Körnchen treten hier scharf und schön hervor. Sie gehören alle dem Oberhäutchen an und machen den Eindruck von Protoplasmakörnchen, obwohl ihre wahre Natur nicht festgestellt werden konnte. Bei der Färbung mit Methylenblau scheint es, als ob eine feine, fadige Substanz hier und da die Körnchen in den Reihen vereinige; in den Rosanilinpräparaten sieht man eine solche nicht, und im ganzen färbt sich das Feld des Oberhäutchens zwischen den Reihen nicht, und ebensowenig die eigentliche gelatinöse Substanz der Hülle innerhalb des Häutchens. Dies letztere ist sehr dünn und erscheint im optischen Durchschnitt als eine sehr feine, scharfe Grenzkontur der Hülle. In dieser tritt keine Struktur hervor, obwohl man mit Methylenblau zuweilen äusserst schwach marquierte feinste Netzfäden in ihr wahrzunehmen glaubt. Am Rande der Mikropyleöffnung, welcher gewöhnlich scharf abgesetzt ist, hört die Körnchenzeichnung auf und tritt nicht in den Mikropylekanal hinein. Dieser Kanal steigt senkrecht bis zur Eioberfläche hinab und verschmälert sich dabei in der Regel ein wenig (Taf. I, Fig. 5, 6, 8, 9). Zuweilen trifft man in diesem Kanal einen protoplasmatisch erscheinenden Pfropfen, welcher auch als eine rundliche Kugel aus der Mikropyleöffnung hinausragen kann (Fig. 9) und von der Eioberfläche herrührt. Wenn diese Bildung vorkommt, ist sie gewöhnlich als aus den herausgetretenen Polarkörpern gebildet anzusehen, welche sonst ihren Platz unter und neben dem Mikropylekanal, zwischen der Eioberfläche und der gelatinösen Hülle, in der Gestalt eines dünnen Kuchens haben. Wenn die Eier aber durch besondere äussere Einwirkungen zum Anschwellen gebracht werden, tritt durch den Mikropylekanal noch dazu eine Partie des eigentlichen Eies hinaus und hängt dann als ein grösserer cytolysierter Klumpen aus der änsseren Kanalöffnung hervor.

Die Innenfläche der gelatinösen Hülle ist gegen die Eioberfläche scharf abgesetzt, liegt ihr aber so dicht an, dass man im optischen Durchschnitt die Grenzkontur nicht deutlich als besondere Linie wahrnehmen kann. Bei der Besprechung der befruchteten Eier komme ich auf diese Frage zurück.

## 3. Die befruchteten Eier.

Der Eintritt des Spermiums in das reife Ei gibt bekanntlich den Anstoss zu einer Reihe von Veränderungen, nicht nur in dem Verhalten des Eikerns, sondern auch in dem des Protoplasmas. Auf das Verhalten des Eikerns werde ich hier nicht näher eingehen, da dies schon von so vielen Beobachtern mehr oder weniger eingehend, teils nach dem Studium lebender, teils fixierter und gefärbter Eier, untersucht und beschrieben worden ist, und ich hierüber kaum etwas neues hinzuzufügen habe. Ich werde deshalb nur so viel hiervon berühren, als nötig ist, um das Verhalten des Protoplasmas zu besprechen, und zwar nur insofern es die Struktur desselben erläutert.

Nachdem der Spermienkopf in das Eiprotoplasma eingetreten ist und sich in entgegengesetzter Richtung gedreht hat, entsteht ja in dem letzteren die bekannte Strahlung um das sog. Mittelstück (Verbindungsstück), das nunmehr als eine Centrosphäre vor dem Kopf liegt und sich mit ihm nach der Eimitte hinzieht. Diese Strahlung, welche anfangs nur wenig umfassend ist, wächst immer mehr, nachdem der angeschwollene Spermienkopf oder Spermienkern den Eikern erreicht hat und mit diesem sich vereinigt resp. verschmilzt, dann teilt sich die Sphäre samt der Strahlung im Protoplasma, und die eine Hälfte zieht nach dem anderen Pole des Eikerns hin. Diese bekannten Tatsachen sind ja im befruchteten Seeigelei im ganzen leicht wahrzunehmen und aufs schönste zu konstatieren. Ich habe sie hier nur kursorisch angeführt, um Haltepunkte für die folgende Darstellung zu gewinnen.

Was stellt nun diese *Strahlung* im Protoplasma dar? Es gibt über sie schon eine grosse Anzahl von Beschreibungen und Erklärungen. Und hierbei treten wieder die oben erwähnten Theorien hinsichtlich der Protoplasmastruktur, v. a. die Theorien von der *fibrillären*, der *netzförmigen* und der *alveolären* (schaumigen, wabigen) Struktur in den Vordergrund. Dazu kommen dann auch die verschiedenen Ansichten über die Herkunft und die Struktur der Centrosphäre. Es würde gewiss in dieser Darstellung gar zu weit führen, wenn ich über die Geschichte der betreffenden Lehren zu referieren versuchte. Es ist dies ja schon von anderen Autoren getan. Ich kann also z. B. auf die übersichtliche Darstellung Wilson's in seinem schon oben zitierten Buch »The Cell

in development and inheritance» (S. 316—328 u. a.) sowie auf diejenige von Oscar Hertwig in seiner »Allgemeine Biologie» verweisen.

Ich will aber schon von vornherein hier meine Stellung zu diesen Theorien und Anschauungen angeben. Durch die Untersuchungen von sehr zahlreichen, in verschiedenster Weise angefertigten Präparaten von befruchteten Eiern bin ich zu der vollständigen Überzeugung gelangt, dass auch in den fraglichen Eistrahlungen die Protoplasmastruktur *fibrillär* zusammengesetzt ist. Eine wabige, schaumige, alveoläre Struktur in dem Sinne von Bütschli habe ich nicht bestätigen können. Forscher wie Wilson, welche im übrigen der Ansicht vom alveolären Bau der Seeigeleier huldigen, nehmen aber hinsichtlich der Strahlen an, dass sie fibrillär sind und durch eine Art Umwandlung der alveolären, wabigen Struktur entstehen und sich wieder in dieselbe umwandeln können. Diese letztere Struktur findet sich aber meiner Meinung nie. In nicht gut fixiertem und nicht gut gefärbtem Material kann sie scheinbar vorkommen, aber schon bei etwas verbesserter Färbung kann in denselben Präparaten die Struktur, welche zuerst alveolär aussah, ganz deutlich als fibrillär hervortreten.

Ebenso schliesse ich mich, auf Grund meiner Untersuchungen, den Forschern an, welche die Strahlungen nur als auf einer *Umordnung der schon vorher* im Eiprotoplasma *vorhandenen Strukturteile* beruhend betrachten. Ob aber in der Bildung der Centrosphäre das durch das Spermium hineingeführte Verbindungsstück eine wichtigere Rolle spielt, ist äusserst schwer nachzuweisen. Ich habe mich sehr bemüht, dies zu eruieren, aber bisher ohne hinreichend gesicherte Resultate zu erreichen. Sogar den Centralkörper habe ich im befruchteten Seeigelei in dieser ersten Sphäre der Strahlung nicht darlegen können; ich schliesse mich deshalb in dieser Beziehung der Ansicht jener Forscher an, welche bis auf weiteres glauben, dass der Centralkörper dieser Strahlungen im Seeigelei zu klein ist, um mit unseren jetzigen optischen Mitteln beobachtet werden zu können.

Was geschieht nun bei der sonderbaren Umordnung der Protoplasmastruktur, wenn die Strahlung eintritt?

Bei genauem Studium der am besten gelungenen Präparate erkennt man in starker Vergrösserung, dass die Fibrillen des Mitoms, welche vorher die Dotterkörnerbalken umspannen, sich von ihnen getrennt und sich zu mehr oder weniger gestreckten, radienartig um die Centrosphäre gestellten, verdickten Zügen angeordnet haben. In den hellen Paramitomkanälen zwischen diesen Mitomzügen liegen nun die Dotterkörner als radial gestellte Säulen. Die Fig. 1—5 der Taf. IV stellen bei mehr oder weniger starker Vergrösserung Partien solcher Seeigeleier mit kräftig ausgebildeter Strahlung dar. Wie man oft sieht, bilden die Strahlen nicht ganz gerade Streifen, sondern biegen sich ein wenig, bald nach der einen, bald nach der anderen Seite, und schicken hier und da kleine seitliche Fortsätze hinaus, welche zwischen den Dotterkörnern ihren Verlauf nehmen. Die Strahlen sind also durch gestreckt liegende oder, vielleicht richtiger, gerade kontrahierte, dicht aneinander gefügte Mitomfäden gebildet.

In Fig. 1 der Taf. VI ist dies Verhalten der Strahlen noch anschaulicher und deutlicher wahrzunehmen. Nach beiden Enden der Strahlen hin erkennt man den Übergang dieser dickeren Mitomzüge in eine Anzahl feinerer Körnchenfibrillen, welche geflechtartig, hier und da dichotomisch verästelt, hinauslaufen, und zwar teils nach innen hin durch den den Kern umgebenden, von Dotterkörnern freien, hellen Raum, teils nach aussen, nach der Eioberfläche, hin, wo sich diese Mitomfäden ebenfalls in geflechtartiger Anordnung in verschiedenen Richtungen ziehen und einzelne Haufen hier befindlicher Dotterkörner umgeben. Dass die *Strahlen nicht abgeflachten Wänden von Alveolen entsprechen,* sieht man übrigens aufs deutlichste überall, wo sie an den Schnitten quer getroffen sind; zwar sind sie am Querschnitt nicht immer rund, sondern können auch etwas eckig und knotig sein; immer erscheinen sie aber als Querschnitte von Balken, nicht von abgeflachten Alveolenwänden. Vor allem aber erkennt man die Natur dieser Mitombalken an ihrem inneren Ende, wo sie in das beschriebene Geflecht von feinen, knotigen, körnchentragenden Mitomfibrillen übergehen, in welchem Geflecht die Dotterkörner fehlen. Noch deutlicher tritt dies bei einer noch stärkeren Vergrösserung hervor, wie sie die Fig. 3 derselben Tafel (VI) wiedergibt. Hier erkennt man auch das perinukleäre Mitomfasergeflecht, dessen Fasern sich oft auf längere Strecken verfolgen lassen und hier und da dichotomische Verzweigungen aufweisen. Nach aussen hin laufen diese Fasern zwischen den Säulen der Dotterkörner hinaus und umspinnen dieselben, um dann, wie in Fig. 1, zu den radiären Balken zusammenzutreten, was aber in Fig. 3, welche nur die perinukleäre Partie wiedergibt, nicht zu sehen ist.

Ferner ist in Fig. 2 noch eine kleine Abteilung eines solchen perinukleären Mitomfasergeflechtes abgebildet. Dieses Stück stammt von einem Präparat, wo der Schnitt nicht den Kern selbst traf, sondern nur das Fasergeflecht in seiner nächsten Umgebung.

Die hier gegebene Darstellung von der Struktur der Strahlungen ist, im Zusammenhang mit den Abbildungen (Fig. 1—3), aus jener Partie des befruchteten Eies geholt, wo die Centrosphären nicht liegen. Der Zweck

dieser Darstellung ist, positiv zu zeigen, dass sowohl die Strahlung selbst als ihre Ausläufer nach innen und aussen von dem *Mitom* des Protoplasmas gebildet werden. Die Dicke und die Anzahl der Strahlen können übrigens wechseln.

Im übrigen gilt die Darstellung prinzipiell für alle diese Strahlungsgebilde. In der Umgebung der Centrosphären ordnet sich aber auch das innere feine Fasergeflecht radiär, oft in schöner Sonnenstrahlenanordnung, und man kann hierbei auch die Fortsetzung der Fasern nach aussen hin zwischen und um die Dotterkörnersäulen verfolgen, ohne dass in den äusseren Regionen die Strahlen verdickt sind. Die Fig. 5 der Taf. VI gibt eine Abbildung einer solchen Strahlungssonne um die Centrosphäre eines 55 Min. vorher befruchteten Eies.

Die Fig. 1—6, 8 und 9 der Taf. IV stellen verschiedene Beispiele solcher Strahlungen um Centrosphären in der Vergröss. von Zeiss' Apochrom. 2 mm. Apert. 1,30 und Okul. 12 dar, und ausserdem sind die Fig. 2, 5, 8, 9 in doppelter linearer Vergröss. wiedergegeben. In Fig. 8 sieht man nur die stark angeschwellte Spermie mit ihrer Centrosphäre und der noch kleinen Strahlung. In den Fig. 1—5 hat der Spermienkern den Eikern schon erreicht oder er ist (Fig. 5) von dem letzteren noch etwas entfernt. Die Strahlung um die Centrosphäre ist in allen diesen Figuren weiter gediehen. In allen erkennt man mehr oder weniger scharf die fadige Natur der Strahlen und sieht in Zwischenräumen zwischen ihnen die durch Eosin rotgefärbten Körnerreihen des Deutoplasmas. Nach der Centrosphäre hin verlieren sich die Strahlen, indem sie in dieselbe hineintauchen und sich dem Blicke entziehen. Nach der Peripherie der Eier sieht man aber, wie sie sich verzweigen und in das peripherische Mitomgeflecht übergehen. Ganz besonders deutlich ist dies in den Fig. 1 und 3 wahrnehmbar, indem hier sowohl die Deutoplasmabalken als die Strahlen und Mitomgeflechte spärlicher und gröber als gewöhnlich sind; es war nämlich in diesen Eiern eine beginnende Cytolyse vorhanden, wodurch die Anordnung des Mitomgeflechts gröber und spärlicher geworden ist.

In Fig. 10, wo der Eikern mit dem ihm ansitzenden und offenbar bald mit ihm verschmelzenden Spermakern sichtbar ist, findet man nur den Anfang der Strahlen am Rande der Centrosphäre; und in den Fig. 10—15 der Taf. III sieht man einige andere Beispiele derselben Art. Diese Figuren sollen auch einige Bilder von den Veränderungen, denen die Spermienköpfe unterliegen, sowie von dem Schicksal des Verbindungsstückes der Spermien wiedergeben. Die Spermienköpfe zeigen auf dem Wege zu dem Eikern recht verschiedene Umwandlungsstadien. Bald verändern sie ihre Gestalt und Grösse nur wenig; sie schwellen nicht an und erscheinen noch ganz kompakt (Fig. 10, 11, 12); bald tritt die Anschwellung früh ein, und die Chromosomkörner erscheinen durch helles Paramitom mehr oder weniger voneinander getrennt (Fig. 13, 14, 15 der Taf. III; Fig. 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10 der Taf. IV). Die Chromosomen sind in der Regel sphärisch und die Kernmembran ist deutlich ausgeprägt; nur wenn sie sich schon dem Eikern innig angefügt hat, beginnt die Membran an der Berührungsstelle sich aufzulösen, wonach die vollständige Verschmelzung der beiden Kerne eintrifft. In einzelnen Fällen sieht es so aus, als ob im Spermienkern zuerst helle runde Tropfen entständen, ehe die Chromosomen sich als getrennte Körper zeigten (Fig. 16 der Taf. III).

Was nun das Verhalten des Spermienschwanzes und v. a. des Verbindungsstückes betrifft, so habe ich, wie andere Forscher, im Inneren des Eies den eigentlichen Schwanzfaden nicht wiederfinden können; ebenso, wie erwähnt, auch nicht den Centralkörper; ich muss aber zugestehen, dass ich diesen Körper bisjetzt an den Spermien der Seeigel im allgemeinen nie sicher habe sehen können, weshalb er vermutlich äusserst klein, kaum oder nicht wahrnehmbar ist. Von den im Verbindungsstück befindlichen, von mir schon früher nachgewiesenen runden Körnern konnte ich dagegen in den in die Eier eingedrungenen Spermien hin und wieder deutliche Spuren erkennen. In den Fig. 10, 12, 14 der Taf. III sind drei solche Fälle wiedergegeben, nämlich in Fig. 10 bei Zeiss' Apochrom. 2 mm Apert. 1,30, Okul. 12 und in Fig. 12 und 14 noch drei mal linear vergrössert. In allen diesen drei Figuren nimmt man in der Centrosphäre neben dem inneren Ende des Spermienkerns einige runde Körner wahr, welche in Fig. 10 und 14 hell, in Fig. 12 noch durch das Hämatoxylin dunkel gefärbt waren. In den Fig. 2 und 5 der Taf. IV sind diese Körner ebenfalls teilweise sichtbar. Ich versuchte vielfach das weitere Schicksal dieser Körner zu verfolgen; es gelang mir dies aber leider nicht, um so weniger als ich für sie keine spezifische Färbung finden konnte. Jedenfalls liegen sie anfangs in der Centrosphäre und verbleiben wahrscheinlich in ihr, obwohl sie sich in den folgenden Entwicklungsstadien nicht nachweisen lassen. In der Centrosphäre tritt zwar oft eine undeutlich ausgesprochene Körnelung hervor, scharf habe ich sie aber nie gesehen. Von den Körnchen des Eimitoms und den Dotterkörnchen sind die genannten Spermienkörner besonders durch ihre Grösse leicht unterscheidbar, und sie nehmen die Hämatoxylin- resp. Eosinfarbe nicht so intensiv wie diese auf.

Wenn ich nun zu der Besprechung der Protoplasmastrahlung zurückkehre, so ist erstens zu bemerken, dass, wie auch die angeführten Figuren zeigen, die Dotterkörnersäulen zwischen ihren Strahlen verschieden tief nach der Centrosphäre hineindringen; im allgemeinen lassen sie jedoch in der nächsten Umgebung der Sphäre eine kleine Partie frei. Sobald sich die Centrosphäre in zwei teilt, folgt bekanntlich die Strahlung diesem Prozesse, und es entstehen die zwei Strahlensonnen, deren innere, gegeneinander gerichtete Strahlen sich gegenseitig kreuzen (Fig. 9 der Taf. IV), um je für sich mit ihrem anderen Ende bis nahe an die Peripherie des Eies hinanzureichen. Dann wird der grösste Teil des Eies von nach allen Seiten radiierenden Strahlen eingenommen (Fig. 1 der Taf. V). Es ist besonders interessant, diesen ganzen Prozess der Umordnung des Eiprotoplasmas und Deutoplasmas zu verfolgen. Die zuerst kleine Strahlensonne um die Centrosphäre des eben eingedrungenen Spermiums wächst und erweitert sich schnell beim Annähern zum Eikern und Zusammentreffen mit ihm. Noch ist aber ein recht bedeutender Teil des Eies von der Strahlung nicht eingenommen, indem die von dem Spermium nicht berührte, ihm gegenüberliegende, an der anderen Seite des Kerns befindliche Partie noch ihren Bau von gewundenen Deutoplasmabalken mit um- und zwischenliegenden Mitomgeflechten darbietet (Taf. IV, Fig. 2, rechts und unten). Doch bemerkt man auch hier in der Nähe des Kerns schon eine beginnende Anordnung in radiierende Deutoplasmastränge. Wenn der Schnitt so durch das Ei getroffen ist, dass man die Strahlensonne von dem animalen Pole her sieht, wie die Fig. 4 der Taf. IV zeigt, so kann man die Ausdehnung der Sonne in diesem Stadium oft gut überblicken, und man sieht, wie sie an ihren äusseren Grenzen in das unregelmässige Balkenwerk der von ihr noch nicht eingenommenen Eipartie übergeht; zu bemerken ist indessen, wie oben hervorgehoben wurde, dass in dieser Fig. 4 ein Ei abgebildet ist, wo die Substanz sehr kompakt war und die Plasmabalken sämmtlich dicht zusammengedrängt und mit sehr wenig Paramitom versehen waren.

Bevor ich in der Verfolgung der eigentlich normalen Verhältnisse weiter gehe, mögen aber im Zusammenhang mit den beschriebenen Strahlungen auch die durch *Polyspermie* hervorgerufenen kurz besprochen werden. Bekanntlich können, besonders wenn die Eier nicht ganz frisch sind, zwei oder mehr Spermien in sie eindringen. Dann entsteht, wie schon viele Autoren beschrieben haben, an jedem Spermienkopf eine kleine Strahlung. Da es für mein Thema von Interesse war, zu eruieren, wie sich diese Strahlungen zu dem umgebenden Proto- resp. Deutoplasma des Eies verhalten, habe ich den fraglichen Prozess an vielen solchen Eiern näher studiert. Überall zeigte es sich, dass auch bei den supernumerären Spermien die Verhältnisse prinzipiell dieselben sind wie bei dem normalen, allein eindringenden, d. h. es bildet sich um die am hinteren Ende des Spermienkopfes entstehende Centrosphäre eine kleine Strahlung aus radiierenden Zügen des Mitoms, und die Deutoplasmakörner ordnen sich zwischen ihnen zu radiierenden Balken. Am äusseren Rande der Strahlung gehen die Mitomzüge in das dort befindliche Mitomgeflecht und die Deutoplasmastrahlen in die dortigen gekrümmten Balken über. Was die Spermienköpfe selbst betrifft, so legen sie sich in verschiedenen Richtungen neben ihre Centrosphären, zuweilen von diesen etwas entfernt; lange behalten viele dieser Köpfe ihre ursprüngliche Gestalt und schwellen nicht an, sondern schrumpfen sogar und erhalten stachelige Fortsätze; hier und da trifft man jedoch einzelne Köpfe, welche, gerade wie bei den normal eintretenden und mit dem Kern verschmelzenden Köpfen, eine Anschwellung und Abrundung mit einer Differenziation von getrennten Chromosomen erfahren. Zuweilen erkennt man schliesslich in ihren Centrosphären einen feinen, durch Hämatoxylin schwarz gefärbten Mittelpunkt, der ganz wie ein Centralkörperkörnchen erscheint; ich habe dies mehrmahls deutlich gesehen, besonders in Eiern, deren Befruchtungszeit schon etwa eine halbe Stunde erreicht hat. In Fig. 10 der Taf. V ist ein solches Ei mit zwei Strahlungssonnen um je eine Centrosphäre mit ihren Spermienköpfen dargestellt, und in beiden Sphären erkennt man je einen Centralkörper; es ist dies besonders deshalb von Interesse, weil man ja in den Eiern, die in normaler Weise durch eine Spermie befruchtet werden, in der ersten Centrosphäre derselben keinen Centralkörper bemerkt. Von den Eiern mit Polyspermie konnte ich sonst nur noch für eine zweite Figur auf den Tafeln Platz finden, nämlich die Fig. 11 der Taf. IV, wo an dem abgebildeten Schnitt elf Spermien mit je einer Centrosphäre und Strahlungssonne sichtbar sind; die Befruchtungszeit der zugehörigen Eigruppe war 10 Minuten. Auch hier erkennt man zwischen den Strahlungssonnen die gewöhnliche Anordnung mit Schlingen von Mitom-umsponnenen Deutoplasmabalken, die in verschiedenen Richtungen verlaufen. Keiner von diesen Spermienköpfen hatte eine Anschwellung erfahren. In den Eiern mit Polyspermie findet man übrigens recht oft ganz schöne und regelmässige Kombinationen von Strahlungssonnen, wie solche längst von Oscar und Richard Hertwig[1]) und anderen Autoren schon wiedergegeben und be-

[1]) Eben solche Eier, wie die von diesen Forschern im J. 1887 abgebildeten (Jen. Zeitschr. f. Naturwiss., Band 20), mit schön sternförmiger Gruppierung kamen in meinen Präparaten zahlreich vor; z. B. solche wie in Fig. 20 *a* der Taf. IV Hertwig's u. s. w.

schrieben worden sind, weshalb ich auf dies Thema hier nicht weiter eingehe, sondern zu den normal verlaufenden Verhältnissen zurückkehre.

Nachdem die Protoplasmastrahlung auf der Höhe ihrer Ausbreitung, wie bei dem in Fig. 1 der Taf. V abgebildeten Ei (16 Min. nach der Befruchtung), gestanden hat, vermindert sie sich bekanntlich während der sog. Pause wieder. Hierbei kehrt die frühere Anordnung in den Eipartien zurück, in welchen die Strahlung verschwindet. Man erkennt dann nach aussen von den beiden verkleinerten Strahlungssonnen an den Endpartien des gewöhnlich elliptisch verlängerten Eikerns wieder die in verschiedenen Richtungen verlaufenden, von Mitomgeflechten umsponnenen Deutoplasmabalken, welche, wie gewöhnlich in den dünnen Mikrotomschnitten, nur als kurze, in verschiedenster Weise getroffene Stücke erscheinen. Die Fig. 2 der Taf. V zeigt einen solchen Schnitt von einem Ei in der Pause (33 Min. nach der Befruchtung). Dass aber das Verhalten des Mitoms und Paramitoms sowie des Deutoplasmas hier mit dem oben aus früheren Stadien beschriebenen prinzipiell übereinstimmend ist, erkennt man deutlich aus den gut gefärbten Präparaten von normalen Eiern. Zuweilen kann man es aber auch an solchen Eiern, die etwas cytolytisch oder sonst verändert sind, wahrnehmen. In Fig. 6 derselben Tafel (V) ist ein solcher Fall abgebildet; hier ist die eine Strahlungssonne durch eine sehr starke, abnorme Ansammlung des Paramitoms sehr erweitert, wobei sich die Dotterkörner nach der Peripherie des Eies gezogen haben. Die radiierenden Mitomstrahlen sind stark, obwohl in etwas unregelmässiger Weise, voneinander getrennt, und man kann überall ihren Übergang in die nach der Peripherie ziehenden, wiederholt dichotomisch verästelten Mitomfasern wahrnehmen; die andere Sonne hatte ein normales Aussehen. Das Präparat war im ganzen ausserordentlich instruktiv; man könnte kaum einen stärkeren Beweis für die hier dargestellte wahre Natur der Strahlen und im allgemeinen der Struktur des Protoplasmas verlangen.

Die wahre, faserige Natur der Strahlen geht, wie auch von mehreren anderen Autoren hervorgehoben worden ist, auch aus solchen Schnitten hervor, in welchen die Strahlungen quer durch ihre Strahlenfasern getroffen sind. Ein solches Präparat ist in Fig. 4 der Taf. V wiedergegeben; in der Mitte der Figur sieht man die dunkel gefärbten Mitomfasern ganz quer getroffen als Punkte; nach den Seiten hin gehen die Fasern zu kurzen Strichen über, indem sie hier immer mehr schief getroffen sind; in den Zwischenräumen erkennt man die rotgefärbten Dotterkörner. Ein anderes schönes Präparat solcher Art ist in Fig. 4 der Taf. VI abgebildet; der Schnitt war an einer solchen Strahlung, wie die in Fig. 5 ders. Tafel wiedergegebene, gelegt und zwar etwas höher oben, über der Sphäre; die Strahlenfasern waren grösstenteils ganz der Quere nach getroffen, weshalb sie als mehr oder weniger weit voneinander getrennte Punkte oder Körnchen erscheinen.

Aus dem Pausestadium ist noch die in Fig. 3 der Taf. V abgebildete Partie eines Eies mit dem Eikern und einer seiner Sphären und mit der angehörigen Strahlung zu erwähnen, deren radiierende Fasern sich nach aussen hin bald dichotomisch verzweigen und in das äussere Mitomgeflecht übergehen.

Dasselbe Verhalten bleibt ferner in dem folgenden Stadium, in welchem die Kernteilung vorsichgeht, bestehen. Die Fig. 7 der Taf. V gibt ein schönes Beispiel dieser Art wieder (Zeiss' 2 mm. Apert. 1,30, Okul. 12, ausserdem 2 mal linear vergrössert). Die beiden relativ nicht grossen Strahlungssonnen senden ihre inneren Faserenden in die Centrosphären hinein, in welchen man je einen Centralkörper erkennt; dieser Körper zeigt sich hier als ein kleines rundes Bläschen mit einem Körnchen in seinem Inneren; in Fig. 8 ders. Tafel ist eine dieser Centrosphären noch stärker vergrössert (3 mal linear) wiedergegeben; das Gebilde war sehr scharf ausgeprägt. Hinsichtlich des Verhaltens des Centralkörpers und im ganzen der Centrosphäre in den befruchteten Seeigeleiern hat bekanntlich v. a. Boveri eine sehr eingehende Darstellung ihrer Ausbildung und Zusammensetzung in den verschiedenen Stadien gegeben. Ich habe mich bemüht, diese Folgeordnung in ihrer Entwicklung wiederzufinden, bin aber leider hierbei recht skeptisch geworden. Eine grosse Wechselung und Variation konnte zwar nachgewiesen werden, eine bestimmte Reihenfolge mit typischem Bau in den verschiedenen Stadien gelang es mir nicht darzulegen. Es hängt bei diesen Gebilden so viel von der Fixierung und von der Färbung, resp. der Abfärbung, ab, dass die Variation immer wieder zum grossen Teil von technischen Einwirkungen herzurühren scheint. Ich werde deshalb hier nicht auf diese so vielfach umstrittene Frage näher eingehen, sondern will nur betonen, dass in der Mitte oder sonst im Inneren der Centrosphäre bald ein feiner, punktförmiger »Centralkörper« als dunkel gefärbtes Körnchen vorkommt, bald aber auch fehlt; bald finden sich mehrere, sogar recht viele solche Körnchen (Fig. 5 der Taf. V links), bald unregelmässige dunkle Partien (Fig. 9 ders. Tafel), bald grössere rundliche Klumpen (Fig. 5 ders. Tafel rechts) oder auch eine dunkle Totalfärbung der ganzen inneren Centrosphäre, welche auch bei starker Differenziation im Eisenalaun intensiv schwarz bleiben kann. Ich habe hier nur einige der wichtigeren Variationstypen

angedeutet, werde aber diesmal nicht weiter auf diese Frage eingehen, ebenso nicht auf den im ganzen rätselhaften Bau der ganzen Centrosphäre; in Betreff der letzteren sei nur bemerkt, dass sie die Eosinfarbe in etwas anderer Nuanzierung (mehr gelbrötlich) als die anderen Eiteile aufzunehmen scheint. Wie schon oben bemerkt wurde, sah ich in der Sphäre oft eine Andeutung einer körnigen Zusammensetzung, aber, abgesehen von den durch Hämatoxylin zuweilen in ihr gefärbten Körnern, nie scharf. Die Centrosphären sind in den einzelnen Eiern von recht verschiedener Grösse; eine gewisse Reihenfolge in der Ausbildung dieser Grösse in den verschiedenen Stadien vermochte ich aber bis jetzt nicht nachzuweisen. An ihrem äusseren Rande sah ich mit wechselnder Schärfe die von ihr ausstrahlenden radiierenden Fasern hinauslaufen, konnte sie aber nicht weit in die Sphäre hinein spüren. Dagegen liessen sie sich, wie erwähnt, oft weit hinaus, sogar häufig bis an die Peripherie des Eies hin, verfolgen.

Was nun die morphologische Erklärung dieser Strahlungen betrifft, so haben, wie aus der obigen Darstellung hervorgeht, offenbar diejenigen Forscher recht, welche die Strahlungen im Protoplasma als eine durch die Befruchtung, oder eigentlich durch die Centrosphäre verursachte *Umordnung des Mitomgeflechtes und des Paramitoms im Protoplasma* auffassen. Wohin die Centrosphäre im Ei vorrückt, trifft diese strahlige Umordnung desselben in grösserer oder geringerer Umfassung ein, und sie erlischt dann wieder allmählich aus, um nach der ersten Teilung bald wieder von neuem aufzutreten u. s. w.

Welche *Kräfte* hierbei wirken, ist natürlich auf dem jetzigen Standpunkt unseres Wissens sehr schwer zu entscheiden. Ich werde mich deshalb hier nicht auf dieses so viel umstrittene Diskussionsgebiet begeben. Nur soviel will ich, wie schon oben angedeutet, äussern, dass man durch die Betrachtung einer grösseren Reihe von Präparaten am ehesten zu der Anschauung gelangt, dass der Prozess von einer Zusammenziehung, einer von der Centrosphäre (resp. dem Centralkörper) hervorgerufenen *Kontraktion des Mitomgeflechts* herrühre, indem dessen Fasern sich von den Dotterkörnersäulen mehr oder weniger ablösen und zwischen ihren inneren und äusseren Ausbreitungsgebieten radiär gespannt werden, wobei sie teilweise durch Aneinanderlegen und Zusammenziehen zu den Strahlungsbalken verdickt werden. Wie viel hierbei vom Paramitom abhängt, wissen wir nicht. Dass hierdurch keine Erklärung der wirkenden Kraft gegeben wird, bin ich mir wohl bewusst. Dies ist aber das Gewöhnliche in unseren Bestrebungen. Wir müssen uns damit begnügen, die Erscheinungen, wenigstens teilweise, zu beobachten und zu beschreiben. Die wahren »Erklärungen», die inneren Ursachen, finden wir nie — oder höchstens sehr selten.

Nun wäre es von besonderem Interesse zu erfahren, ob durch die Befruchtung, resp. die strahlige Umordnung des Protoplasmas, eine wirkliche *Anordnung* des letzteren im befruchteten Ei entsteht, durch welche die oben berührte Einteilung des Eies in die beiden polaren Regionen und die mittlere Region, die für die folgende embryonale Entwicklung so besonders wichtig ist, eingeführt wird. Bisher ist es mir (s. o.) nicht gelungen, diese Einteilung schon in diesem Stadium morphologisch durch das Verhalten des Mitoms und Paramitoms nachzuweisen. Hoffentlich wird man auch hier einen Leitfaden zur Entscheidung dieses Problems finden. Wenn man aber die Strahlungsbilder betrachtet, und zwar besonders solche, wo die Strahlung den grössten Teil der befruchteten Eier einnimmt, so kann man nicht umhin, daran zu denken, dass wirklich eine *radiäre* Anordnung der Mitomstrukturen schon von Anfang an, auch im unbefruchteten Stadium, vorliegen könne, und dass die Strahlungen durch eine Reizkontraktion verkürzt und zusammengezogen werden. Hierfür spricht gewissermassen auch die Umordnung der Dotterkörnerbalken bei solchen Strahlungen. Im unbefruchteten Ei würden diese Mitomstrukturen weit länger ausgezogen sein und deshalb ihre Züge in so vielen Windungen liegen; damit hinge zusammen, dass auch die Dotterkörnerbalken (oder Stränge) so vielfach gewunden und scheinbar ungeordnet sind. Hier liegt vielleicht ein Memento vor, worauf die Aufmerksamkeit gelenkt zu werden verdient. Wie oben bemerkt wurde, hat schon Flemming von einer an Chromsäurepräparaten vorhandenen fädigen Strichelung in radiärer Richtung in der Peripherie der Eier gesprochen und hierin eine Andeutung der späteren, deutlich radiären Struktur der reifen Eizelle gesehen.

Bevor ich dies Kapitel vom Bau des befruchteten Eies abschliesse, habe ich noch die *äusserste Schicht* und die *Hüllen* zu besprechen. Was die erstere betrifft, so wurde schon oben bei der Berücksichtigung des unbefruchteten Eies erwähnt, dass man an den dünnen Schnitten oft die äusserste Schicht als eine sehr dünne, im ganzen homogene Lage erkennt, in welcher keine Dotterkörnchen und nur wenige Mitomfasern vorkommen; diese Lage färbt sich mit Eosin gelbrötlicher als die anderen Eiteile, mit Ausnahme der Centrosphäre, welche ja auch eine derartige Farbe darbietet. Sie hängt sonst mit dem eigentlichen Eiprotoplasma direkt und innig zusammen und stellt offenbar nur eine etwas modifizierte Aussenschicht, eine Art Ektoplasma, dar. Diese Schicht ist schon längst von einigen Forschern wahrgenommen und erwähnt. Selenka beschrieb sie z. B. im J. 1878 und noch eingehender im

J. 1883 als besonders stark ausgebildet bei den Ophiuriden. Fol, Herbst und Bütschli haben sie auch gesehen, obwohl etwas verschieden gedeutet; der letztgenannte Forscher fasste sie als eine äusserste Alveolarschicht auf. Vor allem aber hat J. A. Hammar dieselbe eingehender untersucht und beschrieben, indem er sie in der Eientwicklung weiter verfolgte und ihr Bestehen bei der Furchung nachwies. In mehreren Abhandlungen [1]) hat er diese Schicht, und zwar sowohl bei Echinus miliaris, als bei verschiedenen anderen Evertebraten, studiert und sie als eine ectoplasmatische Schicht dargestellt. Da Hammar in diesen Abhandlungen auch die Geschichte der Entdeckung dieser Schicht eingehend behandelt hat, kann ich in dieser Beziehung auf dieselben hinweisen. Er bespricht in denselben auch ganz besonders die Natur der fraglichen Aussenschicht, die er nicht als eine »Membran» anerkennen will, sondern sowohl morphologisch als physiologisch als lebendes Zellprotoplasma bezeichnet; sie ist primärer, nicht sekundärer Natur und hängt innig, sogar durch Fäden, mit dem Eiprotoplasma zusammen. Bei der ersten Furchung in zwei Blastomeren senkt sich diese Schicht verdickt ein Stück in die Furche hinein, aber nicht tief, sondern die Spaltung nach innen davon geschieht ohne Beteiligung dieser Aussenschicht; bei den folgenden Furchungen verhält sie sich bis zum Gastrulastadium in ähnlicher Weise. Sekundäre Verbindungen zwischen den Seitenpartien der Blastomeren, wie sie v. a. G. F. und E. A. Andrews angegeben haben, konnte Hammar bei Echinus miliaris nur recht spärlich, bei anderen Tieren, z. B. Amphidetus, häufiger nachweisen. Eine solche Aussenschicht hat dann E. Ziegler [2]) im J. 1904, merkwürdigerweise ohne, wie es scheint, Hammar's Arbeiten zu kennen, auch bei Echinus miliaris beschrieben. »Am Seeigelei wird», sagt er, »nach der Befruchtung eine hyaline Schicht an der ganzen Oberfläche sichtbar, welche ich als protoplasmatische Aussenschicht bezeichnet habe. Diese Schicht ist nicht, wie man bisher glaubte, eine gallertige Abscheidung, sondern zeigt Formveränderungen, die offenbar Lebenserscheinungen sind. Wichtig ist die Verdickung, welche diese Schicht beim Beginn der Zellteilung an der Teilungsebene erfährt.»

In meinen Präparaten von Eiern des Parechinus miliaris sah ich überall diese Schicht in den verschiedenen Entwicklungsstadien, und zwar sowohl am frischen als am fixierten Material. In den Fig. 6—11 der Taf. VI habe ich einige solche Stellen wiedergegeben. Wie schon oben wiederholt hervorgehoben und besonders in den Fig. 6 und 7 der Taf. IV dargestellt worden ist, sieht man an dünnen Schnitten von gut fixiertem und gefärbtem Material von eben befruchteten und in der ersten Entwicklung befindlichen Eiern des Parechinus miliaris bei starker Vergrösserung eine helle Aussenschicht, welche Mitomfasern und Dotterkörnchen entbehrt; sie färbt sich mit Eosin und mit Rosanilin gelb-rötlich, resp. rötlich, und entspricht der von mehreren Autoren, v. a. von Hammar und Ziegler, beschriebenen Aussenschicht des Eies.

Bei der beginnenden Furchung senkt sich diese Schicht, wie diese Autoren angegeben haben, eine Strecke mit in die Furche hinein (Fig. 6 der Taf. VI), aber, wie besonders Hammar betont hat, nicht tief hinein, indem die folgende Spaltung des Eies ohne Beteiligung dieser Schicht fortgeht; sie wird hierbei dicker. Bei den fortgesetzten Teilungen bleibt nun, wie Hammar nachgewiesen hat, diese Schicht an der Aussenfläche des Eies als eine helle, sogar oft etwas glänzende Lage zurück, die sich zwar hier und da, aber stets nur in geringem Masstabe, in die Teilungsfurchen zwischen den Blastomeren mehr oder weniger hineinsenkt. Am frischen Material (Fig. 7 und 8 der Taf. VI), welches mit Rosanilin und Kaliacetat behandelt war, wo die gelatinöse Haut mit ihrer scharf hervortretenden äusseren Begrenzungsschicht noch vorhanden war, lässt sich die Hammar'sche Schicht als schwach rot gefärbte und recht dicke Lage sehr deutlich nachweisen, wobei sich die Schicht in die Furchen etwas hineinzusenken scheint. An fixiertem und mit Alkohol-Xylol behandeltem Material schrumpft auch diese Schicht stark ein und sieht bedeutend dünner aus (Fig. 9 und 11 der Taf. VI), wobei sie sich bald etwas in die Furchen hineinzusenken, bald an ihnen nur vorbeizuziehen scheint. Dies letztere tritt besonders deutlich an solchen Stellen hervor, wo die Furchungszellen sich zur Teilung anschicken und sich abrunden (Fig. 10 der Taf. VI), und an den Enden von kleineren Schnittstücken, wo die Schicht frei hervorragt (Fig. 9 und 10 ders. Taf.). Hammar bespricht eingehend die Frage, ob diese Schicht als eine Membran oder eine lebende Protoplasmaschicht, ob sie als primärer oder sekundärer Natur zu betrachten sei, und er ist, wie oben erwähnt, gegen einige andere Autoren, zu der bestimmten Auffassung gelangt, dass dieselbe keine Membran im eigentlichen Sinne dieses Begriffes, sondern *primärer* und protoplasmatischer Natur ist. Ich

---

[1]) J. Aug. Hammar, *Om förekomsten af ett primärt protoplasmatiskt sammanhang mellan äggets klyfningsceller.* Upsala Läkareför. Förhandl. Ny följd, andra bandet, 1896. — *Ueber einen primären Zusammenhang zwischen den Furchungszellen des Seeigeleies.* Archiv f. mikroskop. Anat. und Entw.-gesch. 47. Band, 1896. — *Ueber eine allgemein vorkommende primäre Protoplasmaverbindung zwischen den Blastomeren.* Ebenda, 49. Band, 1897. — *Ist die Verbindung zwischen den Blastomeren wirklich protoplasmatisch und primär?* Ebenda, 55. Band. 1900.

[2]) H. E. Ziegler. *Die ersten Entwickelungsvorgänge des Echinodermeneies, insbesondere die Vorgänge am Zellkörper.* Festschrift z. 70. Geburtstage von Ernst Haeckel, 1904.

kann mich in diesen Beziehungen vollständig der Ansicht Hammar's und auch Ziegler's anschliessen. Dass diese Schicht eine direkte Bildung des Eiprotoplasmas ist, d. h. aus ihm durch direkte Umwandlung entsteht, lässt sich während der Entwicklung des Eies deutlich sehen. Ich stimme mit Hammar darin ganz überein, dass die Schicht als eine *ektoplasmatische* zu betrachten ist; darin liegt ja auch, dass dieselbe eine gewisse Veränderung ihrer früheren, echt protoplasmatischen Natur erfahren hat. Ich finde in ihr, auch bei bester Fixierung und Färbung, keine Mitomfasern und im ganzen keine deutliche Struktur. Mir scheint sie beinahe homogen zu sein; jedenfalls ist die in ihr zuweilen wahrnehmbare faserige Beschaffenheit nur sehr undeutlich hervortretend. In wie weit sie als »lebend» zu betrachten sei, und wie lange diese Natur fortdauert, hängt von dem Begriffe »lebend» ab; mir scheint sie wenigstens in den späteren Teilungsstadien ziemlich passiv zu sein; sie ist aber offenbar elastisch und bildet eine schützende Hülle um das sich furchende Ei bis in das Gastrulastadium hinein, und sie spielt gewiss eine nicht unwichtige Rolle. Ob sie dabei noch chemische und physikalische Aufgaben hat, lässt sich bis auf weiteres nicht bestimmt angeben, obwohl dies sehr möglich oder sogar wahrscheinlich ist.

Was schliesslich die besonders von Andrews behandelten *sekundären* Verbindungen der Blastomeren betrifft, so muss ich gestehen, dass ich sie an den sich teilenden Eiern von Parechinus miliaris an gut fixiertem und gefärbtem Material nie sicher gesehen habe, so dass ich auch in dieser Beziehung mit Hammar darin übereinstimme, dass sie jedenfalls »nur spärlich» vorzukommen scheinen und nicht als ein konstantes Strukturverhältnis zu betrachten sind. An Präparaten mit sich teilenden und sich dabei in natürlicher Weise voneinander trennenden Blastomeren nimmt man nie solche protoplasmatische Verbindungen wahr, was ja von vornherein anzunehmen ist (Taf. VI, Fig. 10 im Vertikalschnitt und Fig. 13 von der Oberfläche des Eies). Aber auch an den »ruhenden» Blastomeren der Eier sah ich bei gut fixiertem Material nie solche Verbindungen. Oft trifft man ja u. a. an den Schnitten Blastomeren, die mit ihren inneren Enden weit in die Eihöhle hineinragen, und zwar noch freier als die in den Fig. 9, 10, 11 der Taf. VI abgebildeten; zwischen solchen Zellen sah ich keine protoplasmatischen Verbindungen; nur an schlecht fixiertem und geschrumpftem Material konnten solche nachgewiesen werden. Was mich aber ganz besonders gegen normal vorkommende Verbindungen dieser Art stimmt, ist die Tatsache, dass nach Behandlung der gut fixierten und mikrotomierten dünnen Schnitte der sich teilenden Eier mit Heidenhain's Eisenalaun-Hämatoxylin und geeigneter Differenzierung die die Blastomeren trennenden Spalten scharf schwarzgefärbt, als ununterbrochene, gerade oder gebogene Linien hervortreten, was sowohl an Vertikal- als an Tangentialschnitten (Fig. 11 und 12 der Taf. VI) in schöner Weise wahrzunehmen ist; die Trennungslinien können in solchen Präparaten noch weit schärfer als in den hier angeführten Figuren hervortreten; nie sah ich dabei an denselben Unterbrechungen, welche auf Brücken und Verbindungen hindeuteten. Dass aber ausnahmsweise solche Verbindungen vorkommen können, will ich jedoch nicht bestimmt bestreiten, um so weniger, als Hammar spärliche Strukturen dieser Art wahrgenommen hat.

Ich gehe jetzt zu der Frage von den eigentlichen *Hüllen des Eies nach der Befruchtung* über.

Oben ist schon hervorgehoben, dass das noch unbefruchtete Ei schon im Ovarium von einer anfangs dünneren, sich aber allmählich verdickenden gelatinösen Hülle, welche bald als *Chorion*, bald als *Zona pellucida* bezeichnet wurde, eng umschlossen ist; und der Bau dieser Hülle mit ihrer äusseren, eine Mikropyleöffnung besitzenden Deckschicht ist eingehender beschrieben worden. Am befruchteten Ei ist noch diese Hülle von dem gleichen Bau vorhanden und »schwindet» jedenfalls nicht, wie Selenka sagt, rasch angequollen nach der Befruchtung. Kurz nach dem Befruchtungsmoment (1—3 Minuten nach demselben) findet aber die längst bekannte Abhebung der fraglichen Hülle von der Eioberfläche statt. Dies eigentümliche Phänomen hat bekanntlich zu verschiedenen Deutungen und Erklärungen Anlass gegeben. Es würde zu weit führen, die Geschichte dieser Frage eingehend zu referieren. Ich werde mich deshalb darauf beschränken, einige der wichtigeren Meinungen der Autoren anzuführen.

Schon durch die ersten Untersuchungen von O. Hertwig (1876—78) sowie noch bestimmter durch die von Fol (1877 und 1879) und von Selenka (1878) wurde die Abhebung einer zwischen der gelatinösen Hülle und der Eioberfläche befindlichen, sehr dünnen Dottermembran sogleich nach dem Eintritt des Spermiums in das Ei und als eine Einleitung zum Befruchtungsakt nachgewiesen und auch durch Figuren dargelegt. Dass diese Haut von der Eioberfläche selbst herrühre, scheint aus ihren Darstellungen mehr oder weniger bestimmt hervorzugehen; über ihre Natur äusserten sich die Autoren nicht oder nur sehr vorsichtig. Selenka sagte indessen (1878): »Der Ansicht Fol's, dass die zarte Membran, welche sich nach Anbohrung des Dotters durch das Spermatozoon von der automatischen Rindenschicht abhebt, nicht präexistire, sondern erst unmittelbar vor ihrer Abhebung gebildet werde, kann ich nur beipflichten.» In seiner Arbeit über die Keimblätter der Echinodermen vom J. 1883 äusserte

Selenka ferner hinsichtlich der Eier der Ophiuriden, dass die von ihm hier entdeckte, nach dem Eintritt des Spermiums entstehende Protoplasmaschicht »an der Peripherie eine Dotterhaut abscheidet, innerhalb deren nun das Spermatozoon zu liegen kommt».

In seiner Monographie über die Entwicklung von Echinocyamus pusillus vom Jahre 1892 hat Théel [1]) die hier vorliegenden Fragen eingehender besprochen. »At the place where the first spermatozoon has penetrated the mucilaginous investment», äussert er, »a very thin plasmatic vitelline membrane rises and separates from the egg... beginning at the place of contact and extending eventually round the yolk, the consequence of which is that the yolk shortly appears as if situated in the centre of a large, spherical, sharply defined sac, the intermediate space being filled up by a homogeneous transparent plasma... It is not yet decided whether the above membrane is present before the impregnation, or arises just at the moment of contact between the spermatozoa and the egg. For my own part, I am inclined to think that a plasma-membrane is always differentiated before the act of fertilization. At the place where it first begins to rise, the outline of the membrane does not present itself as a smooth even line but runs in undulations, and passes distinctly, as it appears to me, into the larger remaining part of the membrane, which is still closely pressed against the yolk. It is only at a later moment that it becomes expanded and assumes a fully even contour, being at the same time more and more removed from the yolk by means of the rapid increase of plasma, which is a result of the strong vital activity in the yolk... The membrane which defines this space, is of course in its turn enveloped by the mucilaginous investment above mentioned. Probably the membrane, as it expands, increases in firmness, thus preventing the entrance of any more spermatozoa. As is well known, it is supposed that the homogeneous plasma which surrounds the yolk, is due to a certain contraction of the vitelline plasma which effects simultaneously a delivery of plasmatic fluid. But considering the great quantity of such fluid which would be delivered, the volume of the yolk itself ought necessarily to be greately diminished. This is not the case however in Echinocyamus, or if it is so, it must be in a very inconspicuous degree.»

Dass die bei der Befruchtung vom Ei sich abhebende Dotterhaut vom Eidotter selbst abgeschieden wird, darüber war man im ganzen einig (s. z. B. auch u. a. Oscar Hertwig's Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte und Edmund B. Wilson's The Cell in Development and Inheritance). Über ihre eigentliche Natur und Entstehung blieb man aber fortwährend zweifelhaft. Dass sie nicht präexistiert, scheint aber nunmehr dadurch bewiesen geworden, dass sie auch an befruchteten Eifragmenten entsteht, wie O. und R. Hertwig schon im J. 1887 in ihren bahnbrechenden Untersuchungen über den Einfluss äusserer Agentien auf die Eier nachgewiesen hatten. »Die Eifragmente», sagen sie, »hatten sich dabei mit einer zarten, dem Protoplasma dicht aufliegenden Hülle umgeben.» Über die eigentliche Natur dieser Hülle äusserten sich die Forscher jedoch damals nicht näher. Sie könnte ja anderer Art sein als die Dottermembran.

In ihrem »Lehrbuch der vergleichenden Entwicklungsgeschichte der wirbellosen Thiere» (Allg. Theil, 1. u. 2. Aufl; 2. Lief., 1903) geben Korschelt und Heider folgende Darstellung des fraglichen Verlaufes. »Eine für die Weiterentwicklung des Eis offenbar sehr wichtige Einrichtung besteht darin, dass ihm die Fähigkeit zukommt, unmittelbar nach dem Eindringen des Spermatozoenkopfes in das Ooplasma eine Membran abzuscheiden; dadurch schützt es sich vor dem Eindringen mehrerer Spermatozoen... Das Zustandekommen der Membran wird man sich [im Anschluss an die Untersuchungen von O. und R. Hertwig (1887) sowie Herbst (1893)] ungefähr so vorstellen, dass die schon vorher consistentere Aussenschicht des Ooplasmas sich in Folge des vom Spermatozoon ausgeübten Reizes abhebt, wobei gleichzeitig eine Flüssigkeitsausscheidung in den zwischen dieser Membran und der Eioberfläche entstehenden Spaltraum erfolgt. Die Versuche der genannten Forscher zeigten, dass eine entsprechende Hüllmembran sich auch in Folge der Einwirkung verschiedener Reagentien um das Ei bilden kann... Es wird von den Beobachtern hervorgehoben, wie ausserordentlich rasch, blitzschnell die Bildung bezw. das Abheben der Dotterhaut nach dem Eindringen des Spermatozoons vor sich geht... Vielleicht ist es übrigens nicht nur das Abheben einer Dotterhaut, sondern möglicher Weise gleichzeitig auch eine gewisse Erhärtung der Rindenschicht des befruchteten Eis, welche dasselbe vor Ueberfruchtung schützt... Hier schliesst sich naturgemäss die Beobachtung an, dass die Bildung einer Dottermembran in Folge der stattgehabten Besamung überhaupt bei Weitem nicht allen Eiern zukommt.»

In Richard Hertwig's Arbeit »Eireife und Befruchtung», in Oscar Hertwig's grossem Handbuch der vergl.

---

[1]) Hjalmar Théel, *On the Development of Echinocyamus pusillus* (O. F. Müller). Nov. Acta R. Societ. Scient. Upsal. Ser. III, 1892.

und experiment. Entwickelungsch. der Wirbeltiere (1903) lautete die Darstellung des betreffenden Vorganges folgendermassen: »Die Eier sind von einer zarten, der Oberfläche dicht anschliessenden Gallerthülle umgeben. Wir wollen dieselbe, da sie im Ovar als ein Ausscheidungsprodukt des Follikelepithels entsteht, »Chorion» nennen im Gegensatz zu der Dotterhaut, die wir sogleich noch als eine Ausscheidung des Eies kennen lernen werden. Wenn Eier und Spermatozoen im Meerwasser zusammentreffen, so dringen letztere in grosser Menge in das Chorion an beliebigen Stellen ein; in das Ei selbst gelangt jedoch nur 1 Samenfaden und von demselben auch nur Kopf und Mittelstück (Hals), während der Schwanzfaden draussen zurückbleibt. Das Eindringen weiterer Spermatozoen wird schon dadurch unmöglich gemacht, dass, sowie ein Samenfaden die Verbindung mit der Eizelle bewirkt hat, diese auf ihrer gesamten Oberfläche eine feste Hülle, die für weitere Spermatozoen undurchdringliche Dottermembran, ausscheidet. Von der Dottermembran zieht sich das Ei zurück, indem es sein Volumen nicht unerheblich verkleinert und zugleich eine weiche, durch Wasseraufnahme quellende Substanz, wahrscheinlich Gallerte in den Zwischenraum ausscheidet. Das Eiprotoplasma erfährt somit eine Veränderung.»

In seiner im J. 1909 erschienenen »Allgemeine Biologie», Dritte Auflage, äussert Oscar Hertwig hinsichtlich dieser Erscheinung: Wo das Spermium »mit der Spitze seines Kopfes an das Ei anstösst, erhebt sich das Protoplasma, welches die Eirinde bildet, zu einem kleinen Höcker, dem Empfängnishügel. Hier bohrt sich der Kopf, getrieben von den pendelnden Bewegungen des Fadens, in das Ei hinein, welches in diesem Moment, angeregt von dem Reiz, eine feine Membran, die Dotterhaut, an seiner Oberfläche abscheidet und darauf wahrscheinlich durch Kontraktion seines Inhalts etwas Flüssigkeit aus dem Dotter auspresst. Infolgedessen bildet sich, vom Empfängnishügel beginnend, ein allmählich grösser werdender Zwischenraum zwischen Dotter und Dotterhaut aus. Das Eindringen eines weiteren Samenfadens ist hierdurch unmöglich gemacht.»

Bei reifen Eiern, sagt Ziegler [1]), erfolgt die Abhebung der Eihaut sofort nach dem Eindringen des Spermatozoons in das Ei, wie schon Fol beobachtete. Es ist offenbar, dass das eindringende Spermatozoon den Reiz zur Bildung und Abhebung der Eihaut erregt, also bevor die Strahlung an dem Centrosom entstanden ist und lange bevor durch die Vereinigung des männlichen und des weiblichen Kernes die Befruchtung stattfindet. Der Zwischenraum zwischen der Eimembran und der Eizelle (der perivitelline Raum, Ziegler) enthält nicht reines Wasser, sondern eine Lösung organischer Stoffe, welche aus dem Ei austreten und sich mit dem durch die Eimembran diffundierenden Wasser mischen. »Was die Entstehung der Eihaut betrifft, so ist beim Seeigelei durch direkte Beobachtung kaum zu entscheiden, ob sie schon vor der Besamung an der Oberfläche des Eies vorhanden ist oder erst nach der Besamung sich bildet; denn ein so dünnes Häutchen wäre an der Oberfläche der stark lichtbrechenden Eikugel schwer zu erkennen. Aber ich bin doch überzeugt, dass die Eihaut erst unter dem Einfluss der Samenzelle entsteht. Denn wenn man das Ei zerschneidet oder Eistücke durch Schütteln herstellt, so bildet sich eine Eihaut meistens auch an den Eistücken, nachdem ein Spermatozoon in das Eistück eingedrungen ist... Wie gesagt, schliesse ich», fügt Ziegler hinzu, »aus diesen Beobachtungen, dass die Eihaut am unbefruchteten Ei noch nicht vorhanden ist, sondern erst nach dem Eindringen der Samenzelle entsteht. Wohl aber ist es wahrscheinlich, dass die unbefruchteten Echinodermeneier schon vor der Befruchtung eine Rindenschicht besitzen... Diese Rindenschicht des unbefruchteten Eies muss also der Mutterboden der Eihaut sein und mag später auch die Grundlage der am befruchteten Ei hervortretenden hyalinen Protoplasmaschicht bilden.»

Aus den hier vorwiegend aus der betreffenden Litteratur der letzteren Jahre angeführten Äusserungen einiger besonders autoritativen Autoren geht hervor, dass die ganze Erscheinung der Dottermembran wesentlich noch dunkel und nicht hinreichend erklärt worden ist. Dass sie sogleich nach dem Eindringen des Spermiums ins Ei entsteht, kennt man seit den Siebzigerjahren, und dies wurde immer wieder bestätigt. Inwieweit diese Membran vor dieser ihrer Abhebung von der Eioberfläche schon vorausgebildet sei oder nicht, darüber differieren indessen die Ansichten der Autoren, indem einige annehmen, dass sie schon da sei, während andere sie gerade beim Eindringen des Spermiums entstehen lassen.

Ich habe aber absichtlich bei diesem kurzen Überblick die Ansichten und Angaben eines Autors noch nicht besprochen, welcher sich mit dieser Frage schon lange und ganz besonders lebhaft beschäftigt hat, und zwar deshalb, weil ich seine Meinungen und Versuche möglichst im Zusammenhang zu behandeln wünschte. Der amerikanische Forscher Jacques Loeb, welcher bei seinen zahlreichen Untersuchungen über die Parthenogenese der Seeigeleier die Abhebung der Dottermembran immer wieder besprochen hat, scheint diesen Akt in dem Befruchtungs-

[1]) H. Ernst Ziegler, *Die ersten Entwickelungsvorgänge des Echinodermeneies, insbesondere die Vorgänge am Zellkörper.* Festschrift z. 70 Geburtst. v. Ernst Haeckel, 1904.

resp. den Parthenogeneseprozess sogar als den besonders wesentlichen betrachtet zu haben; und er hat eine Reihe von Versuchen angestellt, um dieselbe von einem neuen Standpunkt aus, dem physikalisch-chemischen, zu erklären. Es würde hier zu weit führen, alle seine betreffenden Äusserungen zusammenzustellen. Ich muss mich deshalb darauf beschränken, einige der bezeichnendsten anzuführen und citiere hier hauptsächlich aus seinem letzten übersichtlichen Buch »Die chemische Entwicklungserregung des tierischen Eies» vom J. 1909. Nachdem er hervorgeschoben hat, dass er von Anfang an kein Gewicht darauf lege, dass bei der osmotischen Entwicklungserregung des Eies keine Membranbildung stattfinde, hat er 1905 gefunden, dass eine kurze Behandlung mit einer einbasischen Fettsäure die Bildung einer typischen Befruchtungsmembran bei *allen* Eiern von Strongylocentrotus hervorruft, welche dann durch weitere Behandlung mit hypertonischem Seewasser zu Larven entwickelt werden können. LOEB schliesst hieraus, dass die Hervorrufung der Membranbildung zwar die Entwicklung in Gang setzt, dass die Membranbildung aber auch eine schädigende Nebenwirkung hat, nämlich eine Tendenz zur Cytolyse, welche durch die hypertonische Lösung beseitigt wird. LOEB fand aber dann (1906), dass auch durch eine Hemmung der Entwicklung der Eier, etwa 2 bis 3 Stunden lang, nämlich durch Austreibung des Sauerstoffs oder Zusatz von KCN die schädigende Nebenwirkung der Fettsäure aufgehoben wird. Aus den Experimenten schliesst er, dass in der Tat die Membranbildung der wesentliche Schritt bei der Entwicklungserregung ist. »Dass nun die Membranbildung und nicht eine andere Wirkung der Fettsäure die Entwicklung des Eies anregt, geht daraus hervor, dass die Membranbildung, wenn sie durch irgendwelche andere Mittel herbeigeführt wird, ebenfalls die Entwicklung des Eies anregt; während die Säurewirkung an sich, wenn sie nicht zur Membranbildung führt, auch die Entwicklung nicht anregt.» Damit war der Membranbildungsprozess »als die wesentliche Ursache der Entwicklungserregung des Eies erkannt.» Eine genauere Untersuchung zeigte, dass alle cytolytischen Agenzien auch die Membranbildung anregen. Eine relativ kurze Einwirkung eines cytolytischen Agens ruft nur die Membranbildung hervor; wirkt es aber längere Zeit ein, so bedingt es Cytolyse. »Man kann daher sagen, dass die Membranbildung (und damit die Entwicklungserregung des Eies) in einer oberflächlichen (oder milden) Zytolyse desselben besteht.» Dasselbe gilt nach LOEB für alle cytolytischen Agenzien, selbst für solche physikalischer Natur, wie beispielsweise die Temperaturerhöhung, welche beim unbefruchteten Seeigelei die Membranbildung hervorrufen kann, aber beim längeren Andauern Cytolyse veranlasst. Ferner lässt sich durch das verdünnte Blut gewisser Tierformen die Membranbildung — und Entwicklung — der Seeigeleier, nicht aber oder nur sehr langsam die Cytolyse, hervorrufen. »Die Frage, wie die zytolytischen Agenzien die Membranbildung bewirken, fällt mit der Frage nach dem Wesen der Zytolyse zusammen.» Vorläufig dürfen wir annehmen, »dass die Oberfläche des Eies aus einer Emulsion besteht, deren Haltbarkeit durch die zytolytischen Agenzien vernichtet wird». Die Tendenz zur spontanen Parthenogenese bei mehreren Tieren sei auf eine geringe Haltbarkeit der Emulsion an der Peripherie des Eies bei diesen Formen zurückzuführen. »Alles weist darauf hin, dass der Übergang des Eies aus dem ruhenden in den tätigen Zustand auf einer Beschleunigung der Oxydationen im Ei beruht.» »Vielleicht erhöht die Zerstörung der an der Oberfläche bestehenden Emulsion die Durchgängigkeit des Eies für diese Stoffe» (Sauerstoff und Hydroxylionen und möglicherweise andere Stoffe des Seewassers).

Man kann, sagt LOEB, »die Frage aufwerfen, ob auch das Spermatozoon die Membranbildung durch ein Lysin bewirkt, und ob in diesem Falle noch eine zweite Substanz durch das Spermatozoon in das Ei getragen werden muss, deren Aufgabe es ist, die schädliche Nebenwirkung der Membranbildung zu hemmen. Das scheint in der Tat der Fall zu sein.»

Zu diesen aus der Einleitung in der citierten neuen Arbeit von LOEB hier gemachten Auszügen könnte ich eine Anzahl anderer Citate aus der Arbeit hinzufügen, welche beweisen, dass er nunmehr die Membranbildung als das wesentliche bei der Entwicklung auffasst. So z. B. S. 63 u. f., wo er, nachdem er erwähnt hat, dass O. und R. HERTWIG im J. 1887 entdeckt hatten, dass Chloroform, und dass später HERBST (1893 und 1904) nachgewiesen hatte, dass Benzol, Toluol und Kreosot die Membranbildung an Seeigeleiern hervorrufen, äussert: »Für die Entwicklung ist also die Membranbildung das Wesentliche, und es ist Nebensache, wie die Membranbildung hervorgerufen wird. Nur ist es praktisch von Bedeutung, dass die Hervorrufung der Membranbildung durch eine Fettsäure die Eier weniger schädigt, als die durch Benzol und ähnliche Stoffe.» Das Merkliche ist indessen, dass die Membranbildung nicht während der Zeit entsteht, in welcher die Eier in der Fettsäurelösung liegen, sondern erst, nachdem sie aus ihr in gewöhnliches (oder auch hiernach in hypertonisches) Seewasser übergeführt werden.

Über die Frage, woher die Dottermembran kommt, scheint auch LOEB nicht recht im klaren zu sein. Er spricht oft von dem plötzlichen Entstehen derselben. Er opponiert sich gegen die Theorie von M. FISCHER und

Wo. Ostwald, dass die Membranbildung die Folge einer Gerinnung sei, welche der Astrophärenbildung zu Grunde liege. Loeb führt Versuche an, in welchen nach Zerstörung der ersten Membran eine neue Membranbildung hervorgerufen werden kann. An einer Stelle (S. 169) äussert er indessen hinsichtlich eines Versuches an Seesterneiern: »Diese Membranbildung unter den Bedingungen dieses Versuchs spricht für die Vermutung, dass die Befruchtungsmembran bereits an der Oberfläche des unbefruchteten Eies präformiert ist.» Im Membranraum muss ein osmotischer Überdruck herrschen, welcher der Spannung der Membran das Gleichgewicht hält. »Diesen Überdruck muss eine aus dem Ei stammende vermutlich kolloidale Substanz liefern, welche im Membranraum enthalten ist, und welche nicht imstande ist, durch die Membran zu diffundieren.» Beim langsamen Verlauf der Membranbildung entstehen zuerst an der Oberfläche des Eies zahlreiche winzige Bläschen, indem hier eine unter der Oberflächenlamelle liegende kolloidale Substanz plötzlich durch Absorption von Seewasser zu schwellen scheint und schliesslich verflüssigt wird, wonach der Membranraum weiter wird. Die Befruchtungsmembran ist in Benzol, Äther, Alkohol, Saponin und ähnlichen Stoffen unlöslich und ist also kein Lipoid. Sie könne eine Modifikation einer schon präexistierenden Oberflächenlamelle des Eies sein; eine zweite Möglichkeit ist die, dass sie eine Art Niederschlagsmembran ist, indem die Oberfläche der auf dem Ei fliessenden Tröpfchen in Berührung mit Seewasser diese Membran bildet. »Ich halte», sagt Loeb, »diese Möglichkeit für mindestens ebenso beachtenswert.»

Die Membranbildung war, wie erwähnt, von Loeb bei der osmotischen Entwicklungserregung nicht beobachtet worden. Bei der künstlichen Befruchtung der Seeigeleier, besonders wenn diese nicht frisch sind, kann eine solche auch ausbleiben. In solchen Fällen glaubt er jedoch, dass die Membran vorhanden ist, sich aber nicht oder nur schwach vom Ei abhebt. Als Loeb die durch hypertonische Lösungen hervorgebrachte Entwicklungserregung untersuchte, konnte er dieselbe nicht durch die Membranbildung erklären, sondern setzte sie und die künstliche Parthenogenese mit der Verflüssigung der Kernmembran und anderer Kernbestandteile in Beziehung. Nunmehr sucht er sie, wie hier oben hervorgehoben wurde, im Membranbildungsprozesse und speziell in einer Auflösung einer nahe an der Eioberfläche befindlichen kolloiden Substanz, d. h. in einer oberflächlichen, partiellen Cytolyse des Eies selbst.

Ich habe hier versucht, die prägnanteren Angaben über den Membranbildungsprozess in Loeb's letzter übersichtlicher Arbeit zusammenzustellen, um seinen jetzigen Standpunkt in dieser Hinsicht möglichst zu präzisieren, und ich komme unten auf die Frage zurück.

Eben während des Niederschreibens dieser Abhandlung ist aus Amerika eine neue Mitteilung über den fraglichen Gegenstand eingegangen, nämlich E. Newton Harvey's [1]) über den Mechanismus der Membranbildung. Er fasst selbst seine hauptsächlichen Ergebnisse in dieser Beziehung folgendermassen zusammen:

»The action of acids in producing membranes on unfertilized sea-urchin eggs is due to their combination with some substance in the egg but the membrane is not the product of the combination.

In compositon the membrane is probably an albuminoid. It is not present as such before fertilization.

The essential condition for its formation is an increased permeability of the egg surface for a membrane substance which passes out and hardens to the membrane in contact with seawater (a secretion). Double membranes may be explained on the above theory.

Several types of membranes may be produced under different conditions and it is probable that the secretion of the membrane substance always takes place although it may remain close to the egg surface.»

Dass die Befruchtungsmembran nicht an den reifen Eiern präexistiert, wird nach Harvey dadurch bewiesen, dass unbefruchtete Eier in koncentrierter $H_2SO_4$ vollständig gelöst werden, und dass von den befruchteten Eiern die Membranen ungelöst zurückbleiben.

Aus der hier mitgeteilten Übersicht geht also hervor, dass das schwierige Problem von der Entstehung und dem eigentlichen Wesen der Befruchtungsmembran noch nicht sicher gelöst worden ist. Man wusste sogar noch nicht sicher, ob dieselbe vor der Befruchtung präexistiert oder durch das Eindringen des Spermiums in das Ei plötzlich gebildet wird. Für die letztere Auffassung sprach ja die ganze Erscheinung bei dem Befruchtungsprozesse, aber auch die Unmöglichkeit, am unbefruchteten Ei eine solche Membran abzulösen. Das oben erwähnte Experiment Harvey's mit der Behandlung der unbefruchteten und der befrucheten Eier in koncentrierter $H_2SO_4$ scheint nun den Beweis erbracht zu haben, dass die Membran im Befruchtungsaugenblick plötzlich entsteht und als eine *chemische* Reaktion, nicht als eine morphologische (histogenetische) Differenzierung zu betrachten ist. Hiermit stimmt ja

[1]) E. Newton Harvey, *The mechanism of membrane formation and other early changes* in developing sea-urchins' eggs as bearing on the problem of artificial parthenogenesis. The Journal of experimental Zoölogy. Vol. 8 No 4, 1910.

auch, wie schon von mehreren Autoren hervorgehoben wurde, der längst bekannte Befund überein, dass an denselben Eiern die Membran wiederholt hervorgebracht werden kann und sogar an befruchteten Eifragmenten von neuem auftritt.

Als ich im Sommer 1909 an befruchteten Eiern von Parechinus miliaris, die mit Methylenblau gefärbt waren, die Erscheinungen an den Hüllen studierte, erhielt ich zuerst den Eindruck, dass die Dottermembran, welche der äusseren Begrenzungshaut der gelatinösen Hülle parallel lief und als eine innere scharfe Begrenzungshaut dieser Hülle erschien, dieser Hülle angehöre [1]) und nur durch den Befruchtungsprozess, d. h. durch Zusammenziehen des Eies und Secernierung der unter der Membran sich ansammelnden flüssigen Substanz von der Eioberfläche abgehoben werde. Eine andere Begrenzung der gelatinösen Hülle nach innen, gegen das Ei, gab es nicht, und das Phänomen schien hierdurch verstanden werden zu können. Bei fortgesetzter Untersuchung im letzten Sommer erwies sich aber, dass diese Erklärung des Phänomens dem wirklichen Verhalten nicht entsprechen könne, da die Präexistenz einer solchen inneren Begrenzungshaut der gelatinösen Hülle beim unbefruchteten Ei nicht darzulegen war. Zwar lässt sich an solchen Eiern, wenn sie etwas gepresst werden, wie Prof. Théel nachgewiesen hat, eine eigentümliche feine Faltung und Runzelung wahrnehmen, welche in hohem Grade für das Vorhandensein einer feinen Oberflächenmembran sprechen konnte; eine derartige Membran liess sich aber nicht vom Ei abtrennen, und es schien wahrscheinlicher, dass die Faltung und Runzelung in der äussersten, etwas verdichteten Protoplasmaschicht der Eioberfläche beim Anpressen entsteht. Zwar konnte ja die Abhebung der Dottermembran durch die nach O. und R. Hertwig angezeigte Chloroformbehandlung und durch die Loeb'sche Methode mit Buttersäure scheinbar für eine Ablösung einer präexistierenden dünnen Oberflächenmembran am Ei sprechen, als ich diese Methoden in manchen verschiedenen Versuchen nachmachte; in Fig. 31 der Taf. I ist eine solche reife, mit Chloroform behandelte Eizelle, an welcher die gelatinöse Hülle noch vorhanden und innerhalb ihr die »Dottermembran» vom Ei abgelöst ist, wiedergegeben; in Fig. 30 ders. Taf. ist an einem unreifen Ovarialei nach Chloroformbehandlung dieselbe Erscheinung eingetreten, wodurch erwiesen wird, dass, wie ich oft fand, eine solche Haut auch beim unreifen Ei hervorzubringen ist; in der Fig. 29 ders. Taf. ist nach der Buttersäuremethode, bei welcher die gelatinöse Hülle gelöst wird, ein Ei mit freier Dottermembran abgebildet; und in Fig. 32 habe ich ein Ei wiedergegeben, an welchem zuerst nach der Buttersäure- und dann nach der Chloroformmethode zwei Membranen hervorgebracht sind (die gelatinöse Hülle ist gelöst und verschwunden). Dieser letztere von mir mehrmals wiederholte Versuch, wodurch von denselben Eiern zwei derartige Membranen produziert werden, war ja nicht mit der Präexistenz der Dottermembran vereinbar, falls die durch die Buttersäure- und die Chloroformmethoden hervorgebrachten Membranen gleicher Art sind; die Chloroformmembran schien mir gewöhnlich etwas dicker zu sein, sonst war aber kein wesentlicher Unterschied nachweisbar. Gegen die Präexistenz stand aber ganz entschieden der schon längst bekannte, oben erwähnte Befund, dass an befruchteten Eifragmenten eine neue Membran auftritt, wovon ich mich durch verschiedene Versuche überzeugt habe; die Fig. 36 und 37 der Taf. I stellen zwei solche durch Schütteln dargestellte befruchtete Eifragmente mit erhaltenem Kern und Fig. 33 ein solches mit nur Spermiumstrahlung dar; an allen diesen Fragmenten ist je eine »Dottermembran» gebildet. Und schliesslich ist in Fig. 39 ders. Taf. ein Eifragment, welches mit Chloroform behandelt worden ist, wiedergegeben; hier ist auch eine Membran hervorgerufen. Es entsteht indessen nun die Frage, ob alle diese Membranen wirklich gleicher Art sind. Ich habe versucht, ihre Natur eingehender zu studieren, und muss gestehen, dass ich mikroskopisch an ihnen keine wirklichen Unterschiede nachweisen konnte.

Nach allem muss ich mich also nunmehr der Meinung anschliessen, dass die Dottermembran (die Befruchtungsmembran) am unreifen und reifen Ei nicht präexistiert, sondern durch das Eindringen des Spermiums in das Ei bei der Befruchtung ebenso wie durch die von den verschiedenen Forschern erfundenen Methoden (Chloroform, Buttersäure u. s. w.) hervorgebracht wird. Dies ist nun auch durch die erwähnten Befunde Harvey's zu einem hohen Grad von Gewissheit erhoben.

Ich machte auch, besonders an den von befruchteten Eiern abgelösten Membranen, eine Reihe von Versuchen, ihre Struktur und Natur zu eruieren. Sie lösten sich in keiner der von mir geprobten Flüssigkeiten (Säuren und Alkalien) und färbten sich nicht oder wenigstens nur schwach in Farbelösungen (ein wenig mit Rosanilin und Gentiana); eine Struktur war in ihnen, auch bei stärkster Vergrösserung, nicht nachweisbar. Sie sind äusserst

---

[1]) Gustaf Retzius, *Till kännedomen om byggnaden af echinidernas ägg, med särskild hänsyn till dess hinnor.* Arkiv för zoologi, utg. af K. Svenska Vet. Akad. i Stockholm, Bd 6 N:o 10, 1909.

dünn und elastisch, und sie falten sich in der verschiedensten Weise. In Fig. 28 der Taf. I ist bei geringer Vergrösserung eine solche abgelöste Membran wiedergegeben.

Aus allem, was man nunmehr von der Natur dieser Membranen kennt, scheint also deutlich hervorzugehen, dass sie wirklich durch eine Art chemischer Reaktion plötzlich hervorgerufene Bildungen darstellen. Das Wesen dieser Reaktion scheint mir aber trotz der Erklärungsversuche mehrerer Autoren noch gar zu wenig erläutert zu sein, um hier weiter diskutiert zu werden, da ich nichts Positives hinzufügen kann. Dass sie, wie Harvey meint »probably an albuminoid» ist, lässt sich ja bis auf weiteres annehmen, obwohl der strenge Beweis noch nicht dargebracht worden ist.

Ich habe auch die Einwirkung verschiedener anderer Reagenzien hinsichtlich der »Membranbildung» geprüft. Unter diesen will ich jedoch nur eine hier etwas besprechen, und zwar die Einwirkung des *Alkohols*. Sowohl schwächeres (20—25 %) als stärkeres (50—80 % etc.) Alkohol wirkt an den frischen unreifen, reifen und befruchteten Eiern schnell in der Weise ein, dass der Dotter sich von der Oberflächenschicht nach innen hin zusammenzieht, wobei aber radiäre Stränge von ihm bis zur genannten Schicht hinausziehen. Die Fig. 33 der Taf. I stellt ein solches unreifes, die Fig. 34 ein reifes und die Fig. 35 ein befruchtetes Ei mit schon abgehobener Dottermembran dar; bei allen diesen drei Eiern sieht man nach aussen von der »Alkoholmembran» (der Oberflächenschicht des Eies) die noch erhaltene, ziemlich dicke gelatinöse Membran. Dass durch diese Art von Alkoholbehandlung sich keine wirkliche Dottermembran abhebt, sondern nur eine Schrumpfung der äusseren Partien des Dotters mit beibehaltener Oberflächenschicht entsteht, ist offenbar. Interessant ist jedenfalls gerade die Tatsache, dass die oberflächlichste Schicht vom Alkohol nicht zum Einschrumpfen gebracht wird, sowie auch, dass die diese Schicht mit dem geschrumpften Dotterteil verbindenden Plasmastränge die erwähnte radiäre, strahlige Anordnung haben.

Was nun die eigentliche, *physiologische Bedeutung* der eigentlichen Dottermembran betrifft, so hat, wie oben hervorgehoben worden ist, Jacques Loeb die Membranbildung als das *Wesentliche* im Befruchtungs- und im parthenogenetischen Entwicklungsakt angeführt. Wahrscheinlich meint er jedoch dabei nicht nur das Entstehen, die Bildung der eigentlichen Dottermembran, sondern auch die gleichzeitige Ansammlung der Flüssigkeit, welche sie zum Abheben zwingt. Dass nun diese beiden an sich sehr merklichen Erscheinungen von Bedeutung sind, ist offenbar. Ob sie aber auch an sich das Wesentliche sind, ist dagegen noch problematisch. Meiner Ansicht nach sind sie nur als zwei wichtige und stark auffallende Nebenerscheinungen eines das ganze Ei ergreifenden Prozesses zu betrachten. Wie auch Loeb anerkennt, kann in verschiedenen Fällen (bei nicht frisch gefangenen Eiern und bei Erregung mittelst hypertonischer Lösungen) das Abheben der Membran in kleinerem oder grösserem Masse ausbleiben, obwohl es nunmehr im höchsten Grade wahrscheinlich ist, dass dabei eine Membran gebildet wird, welche an der Eioberfläche liegen bleibt. Aber dann ist ein Ausströmen der betreffenden Eisubstanz in den Membranraum und ein Einströmen des Seewassers in denselben nicht vorhanden und jedenfalls nicht wahrnehmbar, denn diese Eier werden nicht merkbar vergrössert; man kann also nicht gerne annehmen, dass in solchen Eiern das Seewasser in absehbarer Menge in das Ei selbst eindringt. Ich habe oft in meinen Eikulturen solche Erscheinungen vor mir gehabt und das Schicksal dieser Eier verfolgt. Nicht gerade selten kam es vor, dass ganze Kulturen frisch eingefangener Eier nach der Besamung *gar keine* Abhebung von Dottermembranen darboten, sondern ihre ursprüngliche Grösse behielten und doch fast sämtlich befruchtet wurden und sich in normaler Weise weiter bis zum Blastula- und Gastrulastadium entwickelten. Ja es gelang mir hin und wieder, solche Eier, an denen keine Abhebung der Dottermembran (und also keine Ansammlung der fraglichen Flüssigkeit im Membranraum) eingetreten war, bis zum Pluteusstadium zu verfolgen. Weshalb die Abhebung der Dottermembran, resp. die Ansammlung der Flüssigkeit in ihrem Raum in diesen Fällen ausgeblieben war, konnte ich nicht eruieren; ob die Ursache in den Eiern oder im Sperma lag, blieb verhüllt. Jedenfalls wurde aber durch ihr Verhalten klar, dass die genannten Phänomene — *die Abhebung* der Membran und *die Ansammlung* der Flüssigkeit dicht unter ihr — für die Befruchtung und die erste Entwicklung der Eier nicht nötig, ja sogar nicht von ganz *wesentlicher* Bedeutung sind: Sie entstehen auch bekanntlich *vor* der Vereinigung, ja sogar vor dem Zusammentreffen des Spermiums- und des Eikerns und können deshalb kaum zum eigentlichen *Befruchtungs*akt gehören, sondern mögen eher als ein Einleitungsakt desselben aufgefasst werden. Alles in allem bleibt uns dieser wundervolle Prozess noch dunkel: Wir nehmen einige seiner Phänomene wahr, der ganze Zusammenhang desselben und sein innerstes Wesen sind uns fortwährend verhüllt und unerklärt.

Die von Loeb und anderen Forschern bisjetzt dargebotenen Erklärungen und Theorien reichen nicht hin,

um das Dunkel dieses ganzen Prozesses zu verscheuchen und das schwierige Program zu lösen. Loeb hat ja auch selbst hierüber die eine Theorie nach der anderen aufgestellt und dieselbe wieder übergeben müssen. In einem folgenden Kapitel, dem über die parthenogenetischen Erscheinungen, will ich diese Fragen noch einmal kurz berühren und gehe nun zur Besprechung des Problems der Cytolyse über.

## 4. Die Cytolyse der Eier.

(Taf. VII.)

In der Literatur, in welcher die Befruchtung und die erste Entwicklung der Eier der Echinodermen behandelt worden ist, trifft man schon seit Jahren Angaben über einen in manchen Eiern auftretenden Zerfall, eine Art Degeneration derselben, und ganz besonders derjenigen, die unter den befruchteten unbefruchtet im Seewasser liegen.

Nähere Angaben über die eigentliche Natur dieses Prozesses und die feinere Struktur solcher veränderter und degenerierter Eier habe ich aber in dieser Literatur nicht antreffen können.

Derjenige Forscher, welcher diese anormale Veränderung der Eier besonders erwähnt und besprochen hat, ist Jacques Loeb. Er hat diesen Prozess gewöhnlich als *die Cytolyse* der Eier bezeichnet. Ich habe zwar in seinen Schriften keine genauere Beschreibung dieses Prozesses finden können, so dass ich nicht sicher weiss, wie er den Begriff der Cytolyse begrenzt und definiert. Im Jahre 1904 veröffentlichte er indessen eine Abhandlung gerade unter dem Titel »Über Befruchtung, künstliche Parthenogenese und Cytolyse des Seeigeleis«[1]. Bei gewissen Versuchen mit der Behandlung unbefruchteter Eier folgt, sagte er hier u. a., nach der Bildung der Membran fast ausnahmslos, manchmal unmittelbar, oft nach einem längeren Intervall »eine Cytolyse des Protoplasmas des Eis«. Aber auch befruchtete Eier, welche mit einer $^5/_8$ M Lösung von $Na_2SO_4$ behandelt waren, wurden in grosser Zahl cytolysiert.

In seiner letzten zusammenfassenden Arbeit vom J. 1909[2] ist Loeb nun zu der Ansicht gelangt, dass der Membranbildungsprozess, auch der ganz normale, von einer Cytolyse der Oberflächenpartie des Eies herrührt, und dass cytolytisch wirkende Substanzen diesen Prozess hervorrufen. »Die Hervorrufung der Membranbildung setzt also die Entwicklung in den Gang, aber die Membranbildung hat auch eine schädigende Nebenwirkung, nämlich eine Tendenz zur Zytolyse«; deshalb ist eine diese Nebenwirkung hemmende Substanz nötig, und Loeb glaubt sogar, wie schon oben erwähnt wurde, dass normalerweise in den Spermien diese beiden Arten von Substanzen, eine cytolytisch und eine hemmend wirkende, vorkommen. »Die Frage, wie die zytolytischen Agenzien die Membranbildung bewirken«, fügt er hinzu, »fällt mit der Frage nach dem Wesen der Zytolyse zusammen. Auf die Beantwortung dieser wollen wir in dieser Schrift nicht eingehen, wir dürfen aber wohl, um unsere Anschauungen zu fixieren, vorläufig annehmen, dass die Oberfläche des Eies aus einer Emulsion besteht, deren Haltbarkeit durch die zytolytischen Agenzien vernichtet wird.» Ich habe diese Äusserungen Loeb's hier noch einmal angeführt, weil daraus wenigstens z. T. hervorgehen dürfte, wie er sich die Sache denkt. In einem besonderen Kapitel über »*Membranbildung und Zytolyse*« hat er diese seine Auffassung weiter ausgeführt und einige Abbildungen von cytolytischen Seeigeleiern mitgeteilt, an welchen kleinere runde Tropfen in der Umgebung des Eies, innerhalb der Dottermembran, liegen. Durch Behandlung mit gewissen Agenzien treten diese hellen Tropfen aus dem Ei heraus und zuletzt zerfällt das ganze Ei in solche Tropfen, oder es wird »in einen Schatten verwandelt«, d. h. es wird dunkel und undurchsichtig. Die Quellung und Lösung einer gewissen, vielleicht mit der quellenden und sich lösenden Substanz in der gelatinösen Hülle (Chorion) identischen Substanz im Innern des Eies bedingt die Cytolyse. Loeb führt ferner die Ansicht von v. Knaffl an, nach welcher die aus dem Ei bei der Cytolyse hinaustretenden, stark lichtbrechenden Kügelchen Lipoide sind; das zweite Element in v. Knaffl's Hypothese ist die Annahme, dass es ein Eiweissstoff ist, der die Quellung bedingt. »Statt die Annahme zu machen«, fügt Loeb hinzu, »dass das Protoplasma eine Emulsion von Eiweiss in relativ festen Lipoiden ist und dass die Zerstörung dieser Emulsion die Zytolyse bedingt, ist noch eine andere Möglichkeit vorhanden, nämlich dass Lipoid und Eiweiss in loser chemischer Verbindung sind. Die Trennung dieser Verbindung würde dann das Eiweiss quellbarer machen... Aber es ist für den Zweck unserer Arbeit nicht nötig, dass wir uns auf eine Entscheidung über die 'Lipoidkontroverse' bei der Zytolyse einlassen«.

---

[1]) Archiv f. d. ges. Physiologie, Band 103, 1904.

[2]) J. Loeb, *Die chemische Entwicklungserregung des tierischen Eies*, 1909.

Wie hieraus hervorgeht, hat Loeb die Cytolyse von der *chemischen* Seite betrachtet. Das Endresultat seiner Ergebnisse ist aber nur hypotetisch, schwebend und unsicher.

Die *morphologisch-histologische* Seite des cytolytischen Prozesses scheint er nicht eruiert zu haben. Und so weit ich erfahren konnte, hat merkwürdiger Weise kein anderer Forscher auf diesem Gebiete eine derartige Untersuchung vorgenommen und veröffentlicht.

Schon im Sommer 1909 führte ich nun eine solche Untersuchung des cytolytischen Prozesses in den Seeigeleiern aus und kam in histologischer Beziehung zu interessanten Ergebnissen, welche ich in meiner schon angeführten Abhandlung über das Protoplasma dieser Eier im J. 1910 [1]) vorläufig beschrieb und durch eine Abbildung erläuterte. Besonders an solchen Eiern, die ich mit einigen von Loeb angegebenen chemischen Lösungen zur parthenogenetischen Entwicklung bringen wollte, erhielt ich oft eine Art Zerklüftung, indem an ihrer Oberfläche Kugeln verschiedener Anzahl und Grösse auftraten. Ich glaubte zuerst, dass hier eine Art unregelmässiger Furchung der betreffenden Eier vorliege. Als ich sie aber genauer histologisch untersuchte, ergab sich, dass in diesen Kugeln keine Kerne sich befanden, also keine Kernteilung eingetreten war; nur in einer der Kugeln wurde der ursprüngliche Eikern angetroffen. Die Eisubstanz selbst zeigte sich in verschiedener Weise und Ausdehnung in ihre zwei Substanzen, das eigentliche Protoplasma und das Deutoplasma geteilt, indem ein Teil der Kugeln aus Protoplasma, ein anderer Teil aus Deutoplasma bestand.

Im letzten Sommer habe ich nun diese Untersuchungen fortgesetzt und an einem reichen Materiale das eigentliche Wesen des Prozesses, soweit es sich histologisch verfolgen lässt, eingehender studiert. Die Bezeichnung desselben nach dem Vorgange Loeb's als *Cytolyse* werde ich hier gerne beibehalten, da sie sich wohl bis auf weiteres chemisch und auch histologisch verteidigen lässt, obwohl auch die chemische Natur und Bedingung noch nicht hinreichend und sicher aufgeklärt worden ist.

Wie schon lange bekannt, und auch von Loeb oft hervorgehoben worden ist, verlieren die aus den Ovarien entleerten oder sonst aus ihnen geholten reifen Eier der Seeigel im Seewasser recht bald ihr Vermögen, normalerweise befruchtet und entwickelt zu werden. Bei einem Teil der Eier geht diese Veränderung schneller als bei anderen vor sich. In diesem Prozesse wirken zwar äussere Bedingungen, Temperatur, Zusammensetzung und Säuregehalt des Seewassers u. s. w., nicht nur auf die Geschwindigkeit der Entwicklung der Eier, sondern auch im ganzen auf ihre Entwicklungsfähigkeit ein. Nicht nur die Zahl der befruchteten und sich entwickelnden Eier vermindert sich in der betreffenden Kultur, sondern auch die hervorgerufenen Prozesse selbst gehen allmählich in anormale Bahnen über, mit Polyspermie und davon herrührenden Erscheinungen u. s. w. Und die zwischen den befruchteten Eiern gewöhnlich in verschiedener Menge befindlichen unbefruchteten zeigen dann fast sämtlich die Cytolyse in wechselndem Grade. Aber auch in Eikulturen mit in normaler Weise befruchteten und sich entwickelnden Eiern trifft man oft in grösserer oder geringerer Anzahl nicht befruchtete reife Eier, welche sich im cytolytischen Zustande befinden und zum Untergange verurteilt sind. Dasselbe Schicksal trifft auch alle solche reife Eier und Eikulturen, in welchen kein Befruchtungsprozess durch Sperma oder kein parthenogenetischer Entwicklungsprozess mittelst der hierfür erfundenen Methoden eingeleitet worden ist. Nach einer etwas wechselnden Zahl von Stunden tritt nämlich nicht nur die Unfähigheit der reifen Eier zur Befruchtung und Entwicklung ein, sondern sie gehen, wie auch alle die reifen unbefruchteten und unentwickelten Eier, im Seewasser zur Cytolyse über.

Wenn man nun solche cytolysierte Eier mittelst der feineren histologischen Technik genauer untersucht, findet man in ihnen Veränderungen in der Struktur, welche von der normalen mehr oder weniger bedeutend abweichen. *Es ist eine strukturelle Cytolyse eingetreten.*

*Was stellt nun die Cytolyse in histologischer Beziehung dar?* Dieser Prozess, welcher in den einzelnen Eiern mit wechselnden Bildern und in sehr verschiedenem Grade erscheint, ist jedoch in allen Fällen, morphologisch betrachtet, im ganzen von einheitlicher Art. Er erweist sich, in histologischem Bilde, als eine Erweiterung der zwischen den Deutoplasmabalken befindlichen Protoplasmaräume, indem in der in ihnen zusammenfliessenden Paramitomsubstanz die Mitomgeflechte hier zusammengezogen werden und sich mehr oder weniger von dem Deutoplasma abtrennen, welches auch zu immer spärlicheren und dickeren Balken vereinigt wird. In dieser Weise findet allmählich eine fortgesetzte *Scheidung des Protoplasmas und der Dotterkörnermasse* statt. Die Mitomgeflechte (die Filarsubstanz) werden hierdurch scheinbar spärlicher und verdicken sich, und man bekommt eine von dem gewöhnlichen normalen Aussehen der Eipräparate verschiedenartige Beschaffenheit, welche indessen, wie erwähnt, sehr wechselnde Bilder darbieten kann.

---

[1]) Gustaf Retzius, Arkiv för Zoologi, utg. af K. Svenska Vet. Akad. Band 6, N:o 11, 1910.

Auf der Taf. VII habe ich eine Anzahl solcher Bilder von verschiedener Art und Ausbildung wiedergegeben. Diese Figuren können als Probestücke der wichtigeren Typen des Prozesses betrachtet werden und im allgemeinen von demselben einen übersichtlichen Begriff geben. Alle diese Figuren stellen unbefruchtete Eier dar; in diesen tritt der Prozess reiner hervor.

In Fig. 2 der Tafel VII ist ein mit Eisenalaun-Hämatoxylin und Eosin gefärbter Schnitt eines reifen Eies mit noch nicht weit vorgeschrittener Cytolyse abgebildet; die rotgefärbten Deutoplasmabalken sind schon weit voneinander entfernt, und die zwischen ihnen befindlichen ungefärbten Paramitom- oder Interfilarräume sind stark erweitert mit in ihnen ausgespannten verdickten Mitom- oder Filargeflechten, welche nunmehr nur ausnahmsweise Deutoplasmabalken direkt umspinnen; diese Anordnung tritt auch in der Umgebung des Kerns deutlich hervor. Die Fig. 5 und 6 derselben Tafel stellen kleinere peripherische Partien solcher Schnitte mit noch weiter vorgeschrittener Zusammenziehung der Mitomgeflechte dar, wodurch sie teilweise als dunkle Knotenballen in den Paramitomräumen erscheinen.

In Fig. 4 ders. Taf. (Taf. VII) liegt eine Partie eines cytolisierten Eischnittes vor, wo derselbe Prozess eingewirkt hat; die in den zwischen den rotgefärbten Deutoplasmabalken befindlichen, relativ weiten Paramitomräume enthalten noch reichlich ausgedehnte, nicht zusammengezogene Mitomgeflechte; die Vergrösserung dieses Bildes ist drei mal linear stärker als in Fig. 2, 5 und 6.

Die Fig. 3 stellt dann den ungefähr durch die Mitte eines Eies getroffenen Schnitt dar, wo der fragliche Prozess noch weiter vorgerückt ist. Hier sind die Paramitomräume schon sehr stark erweitert und die rotgefärbten Deutoplasmabalken sind stark zusammengezogen, indem sie nur einen beschränkten Raum einnehmen; in einer anderen Partie des Eies, welche nicht vom Schnitte getroffen war, hatte sich das Deutoplasma stärker angesammelt; in dem grossen Paramitomraum sind die Mitomgeflechte schön ausgesponnen, und zwar ganz besonders in der Umgebung des Eikerns; an mehreren Stellen sind im Mitomgeflecht dunklere Partien wahrnehmbar, in welchen das Geflecht sich zusammengezogen hat und gröbere Geflechtknötchen bildet. Solche Bilder, wie dieses, kommen in den Präparaten von Eiern, in denen sich die Cytolyse in mehr vorgeschrittenem Stadium befindet, in grosser Menge und in überaus wechselnder Variation vor.

Die Fig. 7 ders. Tafel gibt dann den ungefähr durch die Mitte gelegten Schnitt eines Eies weider, in welchem sich die Paramitomsubstanz und die Mitomgeflechte zu der ganzen Mitte des Eies und ihrer Umgebung zusammengezogen haben, wobei zugleich die rotgefärbte Deutoplasmamasse nach der Peripherie des Eies gedrängt worden ist; solche Eier in diesem vorgeschrittenen Stadium der Cytolyse kommen oft in den Präparaten vor. Hier ist die Trennung des Proto- und Deutoplasmas schon sehr weit vorgerückt.

Diese Trennung der beiden Hauptsubstanzen des sich reifenden und des reifen Eies kann aber noch weiter gehen. Wie oben erwähnt wurde, haben einige Autoren, v. a. aber Loeb, bemerkt, dass aus den Eiern helle, glänzende Tropfen und Kugeln austreten können, welche man chemisch als aus Lipoid, Lecithin, resp. Eiweiss bestehend angenommen hat. Man scheint sie aber nur als eine Art chemisches Exkret betrachtet, und nicht histologisch untersucht zu haben. In Fig. 8 der Taf. VII habe ich ein solches Ei in schwächerer Vergrösserung abgebildet. In der Mitte sieht man noch eine grössere kuglige Partie des ursprünglichen Eies; an der Peripherie, aber innerhalb der Dottermembran, findet man eine Anzahl kleiner Kugeln von unter sich wechselnder Grösse. Bald sind nur spärliche Kugeln vorhanden, bald sind sie zahlreicher und können an manchen Eiern sogar die ganze Oberfläche einnehmen. Im frischen Zustande und ohne Färbung sehen sie hell und oft glänzend aus, so dass man ihre wahre Natur nicht verstehen kann; sie erscheinen in der Tat als herausgetretene Tropfen einer dicken Flüssigkeit oder halbflüssigen, weichen Substanz. Nach der Fixierung mit Sublimat oder Pikrinessigsäure und Färbung der Mikrotomschnitte mit Hämatoxylin-Eosin erkennt man sogleich, woraus sie histologisch bestehen. Sie stellen keinesfalls nur Tropfen einer aus dem Ei secernierten flüssigen Substanz dar, sondern sind *strukturierte Teile des Eies selbst.* Die Fig. 9 der Taf. VII gibt einen ungefähr durch den Mittelplan des Eies gelegten Schnitt wieder, in welchem man erkennen kann, was geschehen ist. Die beiden Substanzen, das Protoplasma mit seinem Mitomgeflecht und seiner Paramitommasse und das hier rotgefärbte Deutoplasma haben sich grössenteils voneinander getrennt — nur einzelne Mitomfasern sind noch im Deutoplasma sichtbar — und Partien von ihnen beiden sind in der Form von mehr oder weniger sphärischen oder ovalen Klumpen durch die eigentliche Oberflächenschicht des Eies ausgetreten, um an ihrer Aussenfläche zu liegen; in der Fig. 9 sieht man also einen roten Deutoplasmaklumpen, welcher eben ausgetreten ist, indem er noch mit dem inneren Deutoplasma des Eies durch einen kleinen Stiel zusammenhängt, und drei Protoplasmaklumpen, welche aus Paramitom mit

dieses durchspinnenden Mitomgeflechten bestehen: also alle vier aus wirklicher Eisubstanz gebildet. Im Inneren des eigentlichen Eies erkennt man links den vom Deutoplasma umschlossenen Eikern.

In Fig. 10 ders. Tafel ist noch eine Partie eines derartigen Schnittes von einem cytolisierten Ei wiedergegeben, wo man nach aussen von dem Umriss des Eies fünf solche ausgetretene Klumpen von Eisubstanz erkennt.

In dieser Weise, obwohl mit variierender Anzahl und Grösse der aus den Eiern ausgetretenen, teils aus Protoplasma, teils aus Deutoplasma oder aus beiden gemischt bestehenden Substanzklumpen, erweisen sich alle die cytolisierten reifen Eier dieser Art gebildet. Aber auch in solchen unreifen Eiern aus den Ovarien, welche mehr oder weniger zahlreich zusammen mit den reifen ins Seewasser ausströmen und fortwährend ihren grossen Kern (Kernbläschen) behalten, tritt oft eine ähnliche Cytolyse ein. In Fig. 1 der Taf. VII habe ich eine Seitenpartie eines in derselben Weise behandelten Schnittes von einem solchen unreifen Ovarialei wiedergegeben, an dessen Rande oben fünf Fortsätze hinausschiessen. In diesen anormalen Fortsätzen, die an den frischen normalen Eiern dieser Art niemals vorkommen, erkennt man wirkliches Protoplasma aus Mitomgeflechten in einer unstrukturierten Paramitomsubstanz; in solchen Fortsätzen, deren Fasergeflechte deutlich mit den Mitomgeflechten des eigentlichen Eies direkt zusammenhängen, habe ich aber in den unreifen Eiern nie ausgetretenes Deutoplasma gefunden.

Schliesslich habe ich noch eine Art cytolisierter Eier zu beschreiben, welche besonders nach längerem Aufenthalt im Seewasser in den Präparaten zahlreich vorkommen, nämlich solche, die vollständig in grössere oder kleinere »Kugeln» zerfallen sind. Schnitte von zwei Eiern dieser Beschaffenheit sind in den Fig. 11 und 12 der Taf. VII abgebildet. Innerhalb der Dottermembran sieht man hier eine Anzahl solcher sphärischer oder ovaler Klumpen von sehr verschiedener Grösse ohne Ordnung in dem Raume zerstreut liegen, welcher vorher von dem ganzen uncytolysierten Ei eingenommen war; ein Teil von diesen Klumpen besteht aus wirklichem Protoplasma mit Mitomgeflecht in hellem Paramitom, ein anderer Teil ist rotgefärbtes Deutoplasma; in Fig. 11 erkennt man den ursprünglichen Eikern, in einem Deutoplasmaklumpen eingeschlossen.

Wenn man nun diese beiden letzten Figuren betrachtet, findet man die fraglichen zahlreichen, so verschieden grossen Klumpen frei in einem Raume liegend, in welchem keine weitere Struktur sichtbar ist. Dies lässt sich kaum in anderer Weise erklären, als durch die Annahme, dass sich hier eine strukturlose, wahrscheinlich eiweisshaltige Flüssigkeit vorfindet, welche z. T. durch eingetretenes Seewasser entstanden ist. Hierdurch erklärt sich auch die gewöhnlich recht bedeutende Grösse solcher cytolisierter Eier und das ebenfalls gewöhnliche Aussehen der Mitomgeflechte im Protoplasma, deren Maschen oft auffallend gross und undicht sind, so dass der Verlauf ihrer einzelnen Fasern sich in ihnen zuweilen auf längere Strecken verfolgen lässt. Diese Tatsache ist auch an dem in Fig. 9 abgebildeten Eischnitt deutlich wahrnehmbar; besonders in seinem oberen Teil sind die einzelnen Fasern ausserordentlich deutlich verfolgbar; im Präparate selbst, wo man das perspektivische Bild vor sich hatte, war dies, wie gewöhnlich, noch weit prägnanter, als es in der Abbildung wiederzugeben möglich ist. In der Fig. 7 sieht man eine Anzahl kleiner, offener, heller Räume und in den anderen Figuren (2—6) sind ja, wie schon betont wurde, die Paramitomräume mehr oder weniger weit und offen. Manches deutet also darauf hin, dass in die cytolisierten Eier von aussen her Seewasser eingedrungen ist, welches besonders von dem Paramitom (der Interfilarsubstanz) aufgenommen worden ist.

Dies ist nun, was ich hinsichtlich der Cytolyse der unreifen sowie der reifen und befruchteten Eier diesmal mitzuteilen wünsche. Was diesen Prozess bei den befruchteten Eiern betrifft, so ist derselbe, wenn er vorkommt, weniger deutlich ausgesprochen. Er kommt aber auch bei ihnen vor und ist schon oben bei ihnen berührt und z. T. abgebildet; er äussert sich auch bei ihnen in ähnlicher Weise, wie in den unbefruchteten Eiern, durch Trennung der Eisubstanzen und Rarefaktion und Verdickung der Balken und Geflechte. Auch scheint es vorzukommen, dass schon cytolisierte Eier befruchtet werden können; ich hoffe auf dies Thema noch einmal zurückkommen zu können.

Der *Prozess der Cytolyse* der Seeigeleier besteht also, wenn man die Erscheinungen kurz resumiert, von morphologisch-histologischem Standpunkt betrachtet, darin, dass die beiden Hauptsubstanzen, das *Protoplasma und das Deutoplasma, sich allmählich und immer mehr von einander abtrennen* und zuletzt, in den höheren Stadien des Prozesses, *in tropfenähnliche grössere oder kleinere Klumpen* übergehen, in denen man jedoch fortwährend ihre *ursprüngliche Struktur erkennt.* Im Eikern findet man indessen keine weiteren wahrnehmbaren Veränderungen, also jedenfalls keine Teilungs- oder Zerklüftungsphänomene. Schliesslich zerfallen aber die Eier vollständig und gehen ganz unter.

Von diesem echt cytolytischen Prozess soll diejenige Furchung der Eier unterschieden werden, welche durch

die Einwirkung gewisser chemischer Agenzien entsteht, die zu einer parthenogenetischen Entwicklung der Eier angewandt worden sind und durch welche auch eine Teilung des Eikerns so vorsichgeht, dass die einzelnen Eikugeln je einen Teilkern erhalten, obwohl diese Kugeln sich nicht als echte Blastomeren in normaler Weise anordnen und zugleich gewöhnlich von verschiedener Grösse sind. Diese Eier stellen also, und zwar in sehr wechselnder Weise, abnorm gefurchte Eier dar, welche den eben geschilderten cytolisierten, aus Kugeln ohne Kerne bestehenden Eiern oft recht sehr ähneln können. Sie können sich immer weiter furchen und zuletzt aus einer grossen Anzahl immer kleinerer, Kerne führender Zellkugeln bestehen, welche in oft bizarren Haufen zusammenliegen, nie aber zu wirklichen Morulæ, Blastulæ oder Gcstrulæ werden, sondern allmählich sterben und untergehen. Diese gefurchten Eier sind also nicht mit den echten cytolysierten Eiern zu verwechseln.

## 5. Die Erscheinungen in der Eistruktur während der früheren Stadien der künstlichen Parthenogenese.

(Taf. VIII.)

Da es mir von besonderem Interesse zu sein schien, zu erfahren, wie die Eistruktur sich während der früheren Stadien der parthenogenetischen Entwicklung verhält, und zwar im Vergleich mit der normalen Befruchtungs-Entwicklung, habe ich während der letzten beiden Jahre eine Reihe von Untersuchungen in dieser Richtung angestellt. Über diese feineren strukturellen Erscheinungen während der künstlichen Parthenogenese hat besonders der hervorragende amerikanische Biologe Edmund B. Wilson [1]) vor einigen Jahren Forschungen angestellt und über seine Ergebnisse eine grössere Abhandlung veröffentlicht. Seine parthenogenetischen Versuche, welche an den Eiern des Seeigels Toxopneustes variegatus mittelst der Chlor-Magnesiummethode von Loeb ausgeführt wurden, gaben hauptsächlich folgende Resultate, die ich aus seiner eigenen Zusammenfassung hier im Auszug wiedergebe:

1. Die erste bestimmte Veränderung ist das Auftreten einer undeutlichen *primären* Strahlung, die ihren Mittelpunkt im Kern hat.

2. Darauf folgt eine Vergrösserung des Kerns und die Bildung einer mehr weniger deutlich unterschiedenen perinukleären Zone (manchmal kaum zu konstatieren) aus Hyaloplasma (d. h. aus kontinuierlicher oder interalveolarer Substanz).

3. In vielen Eiern wird eine veränderliche Anzahl von Strahlungscentren (Cytastern = künstlichen Astrosphären von Morgan) an verschiedenen Stellen im Cytoplasma gebildet, mit Ansammlungen von Hyaloplasma im Mittelpunkte der Cytaster; in solchen Fällen ist die primäre Strahlung in der Umgebung des Kerns weniger ausgeprägt.

4. Es folgt darauf Reduktion aller Strahlen fast bis zum Verschwinden und unter Auflösung der Kernmembran.

5. Dann kommen die Strahlen wieder zum Vorschein, und zwar sowohl die der Cytaster wie die um den Kernbezirk herum, und in Eiern, die noch entwicklungsfähig sind, bildet sich ein Amphiaster aus dem Kernbezirk.

6. Die Kernteilung schreitet nun, wie in befruchteten Eiern sonst, vor, bisweilen begleitet von fortschreitender Teilung des Zellleibes; oft ist die letztere aber bis nach einer oder mehreren Kernteilungen aufgehoben.

7. Nicht allein die Kernstrahlungen, sondern auch die Cytaster können als Teilungscentren fungieren, in der grossen Mehrzahl der Fälle tritt eine vollständige Teilung um solche Strahlungen nicht ein, welche der Verbindung mit Chromosomen entbehren.

8. Nach und während der Rückbildung der Tochterkerne teilen sich die Teilungsstrahlungen in zwei. Die Cytaster können sich gleichzeitig auch teilen.

9. Es bilden sich Strahlungen in kernlosen Fragmenten; diese Strahlungen können sich teilen.

10. Ferner betont der Verfasser, dass die Cytaster tief färbbare Centralkörper enthalten können.

11. Die primäre Strahlung enthält aber kein unterscheidbares Centrosom, sondern hat den Kern zum Mittelpunkt; hier bildet es sich an der Kernmembran auf der einen Seite des Kerns in der perinukleären Hyaloplasmamasse und in seiner Nähe entsteht eine neue Strahlung. Die bipolare Teilungsfigur entsteht durch die Teilung dieser Strahlung; möglicherweise geht eine Centrosomenteilung dem voraus.

---

[1]) Edmund B. Wilson, *Experimental Studies in Cytology I. A Cytological Study of Artificial Parthenogenesis in Sea-urchin Eggs.* Archiv f. Entwickelungs-Mechanik der Organismen. 12. Band, 1901.

12. Versagen der Teilung des ersten Centrosoms führt zur Monasterbildung, welche dieselben Stadien wie der Amphiaster durchläuft, indem sie erst an Grösse zunimmt, dann wieder abnimmt, unter Auflösung des Kerns in Chromosomen, deren Teilung und schliesslich Wiederherstellung des einfachen (ruhenden) Kerns. Dieser Prozess kann sich periodisch mehrfach wiederholen.

13. Es kann sich mehr als ein Centrosom und eine Strahlung unter Mitwirkung des Kerns entwickeln, wodurch vielpolige Teilungsfiguren entstehen.

14. Die Cytaster scheinen deshalb dieselbe Beschaffenheit und Wirkung zu haben wie die Teilungsstrahlungen, und ihre Centralkörper scheinen derselben Wesenheit wie Centrosomen zu sein. Die Centrosomen der Teilungsstrahlungen sind besser entwickelt als die der Cytaster.

15. Die Centrosomen sowohl der Teilungsfigur wie des Cytasters werden primär *de novo* gebildet.

16. Die Chromosomenbildung gehört *zwei* ganz verschiedenen Typen an, welche anscheinend nicht in ein und derselben Eierserie zusammen vorkommen. Bei beiden bildet sich ein grosser Nucleolus während der Kernvergrösserung, welcher nach der aus dem Chromatinreticulum entstehenden Chromosomenbildung, an der er nicht unmittelbar beteiligt ist, ausbleicht. Beim zweiten Typus concentriert sich das Chromatin im Nucleolus (Chromatin-Nucleolus), welcher zur Bildung der Chromosomen zerfällt, während sich das gesamte Netzwerk in Linien verwandelt.

17. Die Zahl der Chromosomen beträgt die Hälfte von jener in befruchteten Eiern, nämlich 18 statt 36.

Es ist dies, wie man sieht, eine sehr interessante Reihe von wichtigen Ergebnissen, welche sich teilweise an Angaben von anderen Autoren anschliessen. Wilson resumiert die geschichtlichen Data selbst, so dass ich auf dieselben nicht näher einzugehen brauche. In Übereinstimmung mit Morgan und Loeb hatte er eine grosse Variation in der Eifurchung nach der Behandlung mit Salzlösungen gefunden, aber auch in den feineren Verhältnissen in den früheren Stadien der parthenogenetischen Entwicklung dieser Eier bemerkte er eine auffallende Wechselung. »The phenomena observed in the magnesium-eggs», sagt er, »demonstrate that under an appropriate stimulus the unfertilized egg is able to create the complete mechanism of mitotic cell-division, without the influence of a spermatozoon or the importation of a sperm-centrosome. But beyond this», fügt er hinzu, »the egg, under the unaccustomed stimulus, may manifest a multitude of aberrations which constitute a veritable carnival of development, which one can hardly witness whitout a sense of amazement. These aberrations are of high interest on acconnt of the side light that they throw on many debated problems of normal cell-physiology and morphology.» Unter diesen Fragen betont er ganz besonders »the most important of the morphological problems, namely the origin and nature of the centrosomes and especially the question of the origin of centrosomes *de novo*». Diese Frage bespricht er dann in eingehender Weise und kommt zu dem wichtigen Schluss, welcher oben im Punkt 15 seiner Zusammenfassung angegeben wurde, dass nämlich die Centrosomen sowohl der Teilungsfigur als des Cytasters primär *de novo* gebildet werden.

---

Da es, wie oben erwähnt,, auch mir von ganz besonderem Interesse zu sein schien, zwischen den feineren strukturellen Veränderungen der *befruchteten* und der *parthenogenetisch sich entwickelnden* Eier einen Vergleich zu machen, habe ich mich ernsthaft bemüht, auch von den letzteren möglichst gutes Untersuchungsmaterial zu bekommen. In den beiden letzten Sommern arbeitete ich deshalb an der schwedischen Küste in dieser Richtung, v. a. mit den Eiern von *Parechinus miliaris*, und ausserdem im letzten Frühling mit denen des mittelländischen Meers, v. a. mit denen von *Parechinus microtuberculatus* und *Paracentrotus lividus*.

Weil ich im Sommer 1909 mit der Chlormagnesium-Methode nicht so gute Resultate erhielt, wie ich wünschte, ging ich im letzten Sommer zu anderen Methoden über.

Von den für Hervorrufung der parthenogenetischen Entwicklung erfundenen Methoden wandte ich nun ganz besonders die swei folgenden an:

1. Die *Buttersäure*-Methode nach Loeb.
2. Die *Zucker-Ammoniak-Tannin*-Methode nach Delage.

Diese Methoden erwiesen sich als entschieden besser als die übrigen, indem sie sicherere Resultate gaben. Was die Buttersäure-Methode betrifft, so erhielt ich die besten Resultate mit derselben, als ich eine Modifikation von ihr nach einer Anweisung versuchte, welche Doktor H. Kupelwieser die Liebenswürdigkeit hatte, mir zu geben.

Und was die Tannin-Ammoniakmethode anbelangt, so hatte ich ungefähr denselben Erfolg, als ich den Angaben von Delage [1]) selbst wie als ich denjenigen seines Schülers Garbowski [2]) folgte. Da ich mittelst aller dieser Methoden ungefähr gleich weit kam, ohne jedoch damit ganz zufrieden zu sein, indem, ohne dass ich die Ursachen auffinden konnte, die Resultate sehr wechselnd ausfielen, glaubte ich, dass in meinen Versuchen ein Fehler steckte, und ich richtete deshalb mein Bestreben darauf, von einem ganz besonders erfahrenen Spezialisten auf dem Gebiete möglichst gutes Material zur Untersuchung zu bekommen. Durch die freundliche Vermittelung des Sekretärs des Oceanographischen Institutes in Monaco, Herrn Doktor M. Oxner, erhielt ich im letzten Sommer vom Herrn Professor Delage das Versprechen, dass in der Station Roscoff für mich nach seiner Tannin-Ammoniakmethode einige Serien von Seeigeleiern behandelt und zu meiner Verfügung gestellt werden sollten. Nun hat in der Tat der auf diesem Gebiete so erfahrene und geschickte Assistent der Station Doktor P. de Beauchamp drei Serien von Eiern von Strongylocentrotus lividus behandelt und mir zugesandt. Ich benutze hier die Gelegenheit, den Herren Kollegen Professor Delage, Doktor Oxner und Doktor de Beauchamp für diese ihre Liebenswürdigkeit meinen tiefgefühlten Dank auszusprechen. Doktor de Beauchamp hatte auch die Güte, in jeder der drei Serien die von mir gewünschten Zeitperioden auszuwählen und die Behandlung der betreffenden Eier bei der Fixierung nach meinem Wunsche auszuführen, wofür ich ihm auch besonders dankbar bin. Er schreibt mir, dass von den drei Serien die dritte am allerbesten ausgefallen sei und einen auffallend grossen Prozentsatz gut ausgebildeter Furchungsstadien gegeben habe. Ich habe mich deshalb ganz vorwiegend an die Eier dieser Serie gehalten. Die Fixierungsmethode, welche ich hier die vorteilhafteste gefunden habe, ist die Pikrinessigsäure nach Boveri's Angaben gewesen. Ausserdem wandte ich auch die Sublimatessigsäure-Mischung und die Zenker'sche Flüssigkeit an. Zur Färbung gab die Heidenhain'sche Eisenalaun-Hämatoxylinmethode mit nachfolgender Eosinfärbung die besten Erfolge: also im ganzen dieselben Methoden wie bei den normal-befruchteten Eiern. Die Mikrotomschnitte sind grösstenteils von einer Dicke von 3 μ, aber z. T. auch von 2 μ und 4 μ und mit Xylol-Damarharz oder mit Chloroform-Damarharz behandelt und aufbewahrt. Die Herstellung dieser Präparate, wie auch die der befruchteten Eier, wurde grösstenteils sowohl hinsichtlich der Mikrotomierung als Färbung von Fräulein Anna Edman mit gewohnter Geschicklichkeit ausgeführt.

Es schien mir von einem gewissen Interesse zu sein, zu erfahren, ob schon während der Behandlung der Eier sowohl mit der Buttersäure als mit Tannin, resp. Tannin-Ammoniak, d. h. vor der folgenden Behandlung mit hypertonischem und mit normalem Seewasser, Veränderungen in der Eistruktur wahrgenommen werden können, oder ob die eintretenden Veränderungen und Umordnungen erst bei der nachfolgenden Behandlung mit hypertonischem und normalem Seewasser eintreffen. Deshalb wurden zuerst Portionen von den Eikulturen nach verschieden langem Aufenthalt in jeder der betreffenden Lösungen fixiert; dann folgte Fixation von Eiern mit der Nachbehandlung, also bei der *Buttersäure*methode (nach Loeb), nach der Behandlung teils 1. mit dieser Säure anderthalb Minuten lang ($^1/_{10}$ n Lös., 3 kcm auf 50 kcm Meerwasser), teils 2. danach mit NaHO (3 kcm $^1/_{10}$ n auf 200 kcm Meerwasser) 5 Minuten lang, teils 3. mit nachfolgender Behandlung mit Chlornatriumlösung (8 kcm $2^1/_2$ n auf 50 kcm Meerwasser) und schliesslich 4. mit Meerwasser in einer verschiedenen Anzahl von Minuten (15, 30, 40, 50, 60 Minuten, $1^1/_2$, 2, $2^1/_2$, 3, $3^1/_2$, 4, 5 Stunden). Bei der *Tannin-Ammoniak*-Methode fixierte ich (nach Delage) Eierportionen teils 1. nach der Behandlung 5 Minuten lang mit der Seewasser-Zucker-Tannin-Mischung, teils 2. nach Zusatz von Ammoniak zu derselben (3 kcm. einer Normallösung aus 70 kcm. Zuckerlösung, 30 kcm Meerwasser und 0,15 Gramm Tannin bestehenden Mischung zu der ersteren); von diesen Eiern wurden Portionen nach einer gewissen Anzahl von Minuten (15, 30, 40, 50, 60, sowie nach $1^1/_2$, 2, $2^1/_2$, $3^1/_2$, 4, $4^1/_2$, 5 Stunden) fixiert und mikroskopisch untersucht.

Die von Doktor de Beauchamp präparierten und mir freundlichst zugesandten Eier sind, wie erwähnt, nach der Tannin-Ammoniakmethode behandelt und nach meinem Verlangen in den folgenden Zeitmomenten fixiert: 1. frische reife Eier; 2. nach Behandl. mit Zucker-Meerwasser-Tannin während 5 min.; 3. Dito, mit Zusatz von Ammoniak, 1 Stunde; 4. Dito, in Meerwasser übergeführt, $^1/_2$ Stunde; 5. Dito, 1 Stunde; 6. Dito $1^1/_2$ Stunden; 7. 2 Stunden; 8. $2^1/_2$ Stunden; 9. 3 Stunden; 10. $3^1/_2$ Stunden; 11. 4 Stunden; 12. 5 Stunden.

Nach einer eingehenden Untersuchung einer grossen Anzahl der mikrotomierten und gefärbten Schnitte der also fixierten verschiedenen Präparate bin ich zu der hier unten dargestellten Auffassung gelangt.

Die Variation ist, wie auch Wilson bemerkt hat, gross; ja so gross, dass es *sehr schwer ist, einen bestimmten Entwicklungsgang festzustellen.* In allen meinen Versuchen, und ebenso in denen des Dr de Beauchamp, auch dem

[1]) Yves Delage, *Les vrais facteurs de la parthénogenèse expérimentale.* Arch. de Zool. expérim. et gén., IV. Sér., T. 7, N:o 9, 1908.
[2]) Tad. Garbowski, *Bericht über neue cytologische Experimente am Seeigelei.* Bull. de l'Acad. d. scienc. de Cracowie, Févr. 1910.

allergelungensten, findet sich eine bedeutende Anzahl von Eiern, welche schon ganz früh in abnorme Entwicklungsrichtungen eingetreten sind.

Bei manchen von diesen Eiern sistiert die Entwicklung früher oder später, ohne das normale Morula- und Blastulastadium zu erreichen. Ja, eine bald grössere, bald kleinere Partie der Eier zeigt gar keine Entwicklung. Dazu kommt noch, dass bei den einzelnen Eiern der Entwicklungsprozess, wenn vorhanden, verchieden schnell zu verlaufen scheint, so dass man offenbar in demselben Präparat nebeneinander sehr verschiedene Stadien finden kann. Dann ist aber noch zu bemerken, dass in den einzelnen Eiern die Phänomene desselben Stadiums sehr verschieden, bald stärker, bald schwächer ausgeprägt sind, zuweilen sogar so schwach, dass man sie kaum bemerkt. Es scheint, als ob die einzelnen Eier sehr verschieden stark und rasch auf denselben »Reiz» reagierten. Dass durch diese Verhältnisse eine *grosse Variation* entstehen muss, liegt auf der Hand, sowie dass man sehr vorsichtig sein muss, wenn man aus den Präparaten sichere Schlüsse ziehen will.

Im ganzen lassen sich jedoch aus ihnen folgende Ergebnisse annotieren:

1. In den nur mit der *Buttersäure*lösung während anderthalb Minuten behandelten Eiern findet man auch bei stärkster Vergrösserung an den Schnitten keine wahrnehmbaren Veränderungen.

Dasselbe ist der Fall mit den Eiern, welche nach Delage mit *Zuckerlösung* sowie mit *Tannin* (5 Min.) behandelt worden sind; an den dann etwa eine Stunde mit *Ammoniak* behandelten Eiern findet man höchstens nur eine undeutlichere, weniger distinkte Balkenanordnung der Eisubstanz.

2. Wenn die mit *Buttersäure* behandelten Eier — ich werde sie hier der Kürze wegen als »*Buttersäure-Eier*» bezeichnen — in das normale Seewasser übergeführt werden, entsteht, wie Loeb zeigte, schnell die Abhebung der Dottermembran; in den Eiern selbst treten bald die Erscheinungen der Cytolyse ein, falls sie nicht in das hypertonische (mit dem Chlornatrium versetzte) Seewasser übergeführt werden.

Die *Tannin-Ammoniak-Eier* zeigen, in das normale Seewasser übergeführt, in der Regel keine Abhebung der Dottermembran, obwohl eine solche dem Ei innig anzuliegen scheint. Dagegen beginnt nun allmählich in einer grösseren oder kleineren Anzahl von ihnen ein Entwicklungsprozess.

3. In den *Buttersäure-Eiern* fängt auch, wenn sie nach 30—60 Minuten aus dem hypertonischen Seewasser wieder in normales Seewasser übergeführt werden, die Entwicklung mehr oder weniger zahlreich an.

4. In beiden Eiersorten lassen sich ungefähr gleichartige Entwicklungsformen nachweisen, obwohl, wie oben hervorgehoben wurde, in sehr wechselnder Anzahl der Eier und mit bedeutenden Variationen, und zwar sowohl in betreff der Stärke als der Zeitdauer der Erscheinungen.

5. In beiden Eiersorten entsteht ziemlich schnell, gewöhnlich innerhalb einer halben Stunde, eine *Vermehrung der Paramitomsubstanz*. Es scheint, als ob von aussen her Meerwasser eindringe und die genannte Substanz sich hierdurch erweitere. Oft sammelt sie sich dabei dicht nach innen von der Oberflächenlage des Eies. Dies ist besonders in vielen der Tannin-Ammoniakeiern der Fall gewesen. In den drei Versuchen von Dr de Beauchamp ist diese Tatsache sehr einleuchtend. Die Oberflächenschicht mit einer dünnen Partie der unter ihr befindlichen Eisubstanz ist in manchen Eiern von der hellen Paramitomsubstanz mehr oder weniger, sogar stark abgehoben, und nur einzelne Mitomfäden vereinigen hier und da die abgehobene Schicht mit der inneren Eisubstanz (Taf. VIII, Fig. 1). Bald dringt aber diese Paramitomsubstanz weiter ins Innere des Eies hinein und zieht, die zwischen den Mitom-Deutoplasmabalken befindlichen Paramitomkanäle erweiternd, gegen den Kern hin. Man findet dann diese Kanäle in wechselnder Weise vergrössert, bald als längliche Gänge (Taf. VIII, Fig. 3), bald als kleine Binnenseeen, welche eigentlich untereinander zusammenhängen und als Erweiterungen der Gänge aufzufassen sind (Fig. 2 ders. Taf.). Solche Bilder findet man grösstenteils in Präparaten von Eiern, welche mit Buttersäure-hypertonischem Meerwasser und dann mit normalem Meerwasser 15—20 Min. behandelt worden sind. Aber auch die mit Tannin-Ammoniak-Meerwasser etwa 30—50 Min. lang behandelten Eier können ähnliche Bilder geben.

6. Gleichzeitig mit dieser Erweiterung der Paramitomgänge erkennt man aber auch, dass eine mehr oder weniger *ausgeprägte radiäre Anordnung der Deutoplasmabalken* und der diese umspinnenden Mitombündel hervortritt. Es entsteht hierdurch die von Wilson als *primäre Strahlung* beschriebene Anordnung im ganzen Ei oder wenigstens im grössten Teil desselben. Zuweilen ist diese Strahlung stark ausgeprägt, und dies gewöhnlich öfter in meinen Buttersäurepräparaten, als in den mit Tannin-Ammoniak behandelten. In der Regel ist aber die Strahlung schwächer ausgeprägt und lässt sich zuweilen nur durch genauere Betrachtung nachweisen. Die Fig. 3 der Taf. VIII zeigt ein solches Ei, wo die Strahlung ziemlich deutlich ist. Schon in dem in dieser Figur abgebildeten Ei bemerkt man, dass das Paramitom sich auch um den Kern herum angesammelt und die Deutoplasmakörnchen sich

zurückgezogen haben, so dass nur die Mitomfäden in diesem Raum sichtbar sind; zugleich scheint aber auch *der Kern grösser* als gewöhnlich zu sein.

Wenn man nun eine ganze Menge von Mikrotomschnitten von Eiern durchmustert, welche etwas länger in dem Meerwasser gelegen haben, nachdem sie vorher nach der Buttersäure- oder der Tannin-Ammoniakmethode behandelt worden waren, so bemerkt man unter ihnen eine recht bedeutende Anzahl, in denen sich die *Ansammlung des Paramitoms um den Kern stark vermehrt* hat und nur sparsame Mitomfäden durch diesen Raum ziehen (Taf. VIII, Fig. 4). Das Deutoplasma hat sich also immer mehr von dem Kern zurückgezogen und bildet sogar in den extremen Fällen an der Peripherie des Eies nur eine schmälere, zuweilen sogar eine verhältnismässig schmale Schicht. Die Deutoplasmabalken haben jedoch in der Regel ihre radiäre strahlige Anordnung beibehalten, und zwischen ihnen bemerkt man in den nunmehr schmäleren, weniger hervortretenden Paramitomkanälen eine strahlige Anordnung der Mitomfäden, welche indessen an der Eiperipherie sich unregelmässiger und mehr geflechtartig verbreiten. Solche Eier mit einer grösseren Paramitomansammlung um den Kern herum sind besonders in Eiern vorhanden, welche, nach der Vorbehandlung, schon 50—60—70 Minuten in dem Meerwasser gelegen haben. Sie sind deshalb zu einem späteren Stadium, als die in Fig. 1—3 abgebildeten, hinzuführen. In der Regel schwillt hierbei auch der Kern noch weiter an, obwohl dies nicht in allen Eischnitten sichtbar ist, und zwar vielleicht deshalb, weil der Schnitt nicht die grösste Peripherie des Kerns getroffen hat.

8. Manche der sich parthenogenetisch entwickelnden Eier scheinen nun auf diesem Stadium zu bleiben. Man trifft auch hier und da in den Präparaten derartige Eier, obwohl sie noch weit länger in dem Meerwasser sich vorfanden.

Eine starke radiär-strahlige Anordnung im ganzen Ei kann sich auch, v. a. in den Buttersäurepräparaten noch lange beibehalten. In Fig. 6 der Taf. VIII habe ich ein solches Ei abgebildet, welches nach Wilson's Terminologie als mit *primärer* Strahlung versehen bezeichnet werden möchte; es hatte aber nach der Buttersäure-hypertonischen-Meerwasser-Behandlung schon 2 Stunden im normalen Meerwasser gelegen und befand sich unter anderen Eiern, die offenbar spätere Stadien zeigten. Vielleicht kann man seine Entwicklung als verspätet betrachten; die radiäre Strahlung war aber in diesem Ei ausgezeichnet ausgeprägt und schön.

9. Nun tritt aber nach Wilson's Darstellung eine Veränderung in der Anordnung der Eisubstanz ein, indem die primäre, starke, bis an die Nähe der Eiperipherie reichende *radiäre Strahlung aufhört* und *nur in der nächsten Umgebung des Kerns bleibt.* Solche Eier trifft man in der Tat in grösserer oder geringerer Anzahl in den Präparaten, nachdem dieselben nach der Buttersäure- oder der Tannin-Ammoniakbehandlung etwas längere Zeit, eine halbe Stunde oder mehr, in dem normalen Seewasser gelegen haben. Man findet sie aber in manchen Präparaten schon nach 15 Minuten Aufenthalt in demselben.

10. Aber nicht nur um den Kern selbst ist eine solche kleine Strahlung anzutreffen, sondern auch in anderen Partien des Eikörpers sind oft eine oder mehrere kleinere Strahlungen nachzuweisen; diese sind die von Wilson als *Cytasteren* beschriebenen Bildungen, welche in ihrem Centrum keine Kernteile, sondern kleine helle Körper besitzen, die das Aussehen von Centrosphären haben. Die Fig. 7 der Taf. VIII stellt den Schnitt eines Eies dar, in dem man in der Mitte den Kern mit dessen Strahlungssonne sieht und neben ihm noch zwei Strahlungen mit je einer solchen, durch Eosin rot gefärbten »Centrosphäre«. In diesen letzteren Bildungen erkennt man nur ausnahmsweise Körnchen, welche als Centralkörper imponieren; zwar lassen sich zuweilen kleine dunklere Partien entdecken, ob diese aber als echte Centralkörper aufzufassen sind, ist kaum möglich zu entscheiden. Wie diese Strahlungen entstehen, ist auch ganz rätselhaft, und ich will mich in dieser Hinsicht nicht auf das Gebiet der Hypothesen begeben. Ebenso ist es rätselhaft, weshalb in denselben Eikulturen in einer Anzahl der Eier keine, in anderen zwei, in anderen mehrere, zuweilen sogar viele derartige Cytasteren entstehen. Ich habe viele solche Präparate durchgemustert, aber keine plausible Erklärung der betreffenden Phänomene gefunden. Man könnte sich zwar denken, dass das Ei doch Centralkörper und Centrosphären a priori besitzen könne, sowie dass sich diese Gebilde zuweilen teilen und in dieser Weise zu einer entsprechenden Anzahl von Strahlungen Anlass geben können. Wirkliche Beweise hierfür liegen aber nicht vor. Wie auch Wilson bemerkt hat, existiert auch für die »primäre« Strahlung der parthenogenetisch sich entwickelnden Seeigeleier von Anfang an kein sichtbares »Centrosom«. Man findet hier keine Centrosphäre und keinen Centralkörper, sondern nur der Kern selbst bildet das Centrum für die Strahlung, was ja auch ebenso rätselhaft ist. Wir stehen also vor ganz ungelösten Problemen und können nur wahrnehmen, dass durch die betreffenden chemischen resp. physikalischen Reizmittel im Eikörper die Strahlungen entstehen, sowie dass sich dann die Eientwicklung in vielen Fällen fortsetzt.

11. Aber auch um den Kern herum bildet sich dabei bald eine Zone von hyaliner oder undeutlich körniger Substanz, welche derjenigen einer *Centrosphäre* ziemlich ähnlich ist. In den Fig. 6 und 8 der Taf. VIII ist um den Kern je eine solche Zone, welche sich gewöhnlich mit Eosin rötlich färbt, wiedergegeben. Diese Zone zeigt im ganzen eine wechselnde Dicke. An ihrer Peripherie sind die Fäden der Strahlung als radiierende Strahlen angeordnet, und sie verlieren sich bald in ihrer Substanz, um mit ihrem peripherischen Ende in das übrige Mitom der Eizelle überzugehen

12. Was nun den *Bau des Eikörpers* während der hier beschriebenen Stadien der parthenogenetischen Entwicklung betrifft, welcher eben für meine Ziele von besonderer Bedeutung ist, so ist schon aus der gegebenen Darstellung ersichtlich, dass sich die Struktur nach den vorhandenen Strahlungen einrichten muss. Schon in der »primären» Strahlung bilden die Deutoplasmabalken mit den sie umspinnenden Mitomgeflechten, je nach der Stärke der Strahlung, mehr oder weniger ausgeprägte radiierende Säulen (Taf. VIII, Fig. 2—6), wobei die Mitomgeflechte bei starker Strahlung (Fig. 6) als gestreckte Fäden bis zur Nähe der Peripherie verlaufen, um sich erst dort seitlich umzubiegen und ein deutlich verzweigtes Geflecht zu bilden. Bei schwächerer Strahlung (Fig. 2—5) sieht man die Verästelung und Seitwärtsbiegung der Mitomfäden mehr oder weniger hervortretend.

Wenn aber die allgemeine, primäre Strahlung nur schwach vorhanden ist (Fig. 7) oder wieder verschwindet, sind die Deutoplasmabalken zu gewundenen Balken, welche mehr oder weniger frei in dem Paramitomraum verlaufen und von den Mitomgeflechten umsponnen sind, angeordnet. Um die kleinen partiellen Strahlungen, und dies sowohl um die des Kernes als die der Cytasteren, sind die Balken gewöhnlich dichter angesammelt (Fig. 7), so dass man ihre Grenzen nicht so deutlich wahrnimmt; etwas weiter nach aussen hin treten sie aber in ausgeprägter Anordnung hervor, indem das Paramitom hier weit reichlicher vorhanden ist. In manchen Fällen lässt sich aber auch um die Strahlungen herum nachweisen, dass ihre Strahlen direkt in das die Balken umspinnende Mitomgeflecht übergehen (Fig. 8 und 9 der Taf. VIII).

13. Wenn man nun die *weitere Entwicklung dieser Eier* verfolgt, so findet man, dass sie, wenn sie sich in der Tat fortsetzt, im ganzen nur auffallend langsam vorsichgeht, obwohl die oben schon hervorgehobene Variation der Phänomene in hohem Grade obwaltet. In den Kernen können zwar in manchen Fällen Veränderungen schon ziemlich früh eintreten. Dass die Kerne sich gewöhnlich bald vergrössern, anschwellen, ist schon oben hervorgehoben. Schon nach 15, aber noch mehr nach 30 Minuten im Meerwasser (in der Nachbehandlung) treten die Chromatinkörner zu echten Chromatinschlingen zusammen, wie die Fig 8 und 9 zeigen, oder sie sammeln sich zu mehr rundlichen Knollen, wie in Fig. 9. Die Variation ist auch hier gross, und ich könnte, falls es sich lohnte, eine ganze Reihe von solchen Formationen hier wiedergeben, will mich aber nicht in Einzelheiten verlieren. Nun schwindet auch bald die Kernmembran; sie »löst sich auf», wie man sagt, wie in Fig. 7, und der Kern bereitet sich allmählich zur Teilung vor. Die dann während der nächsten Stunden in manchen Kernen eintretenden Veränderungen sind in ihren Wechselungen nicht gerade leicht zu erklären. Ich glaube aber, dass Wilson hier die richtige Deutung der Erscheinungen gefunden hat, indem er zeigte, dass, wenn die Teilung des zuerst am Kern ausgebildeten Centrosoms versagt und nur zur Monasterbildung führt, der sich zur Teilung vorbereitende Kern schliesslich wieder zum Ruhestadium wiederhergestellt wird; sowie dass dieser Prozess sich periodisch mehrfach wiederholen kann. Ein solcher Kern, wie der oben in Fig. 10 der Taf. VIII abgebildete, gehört wahrscheinlich zu dieser Kategorie. Dagegen hat der in derselben Figur unten wiedergegebene Kern mit zwei Centrosphären Apparence, wirklich zur Teilung weiter zu laufen. In den Eiern trifft man in diesen Stadien der Behandlung oft zwei oder mehr Kerne. Schon in Fig 5 der Taf. VIII (also nach etwa einer Stunde im Meerwasser nach der Tannin-Ammoniakbehandlung) findet man zwei dicht aneinander liegende Kerne, und in Fig 10 sind ja auch zwei, aber von einander gerückte Kerne vorhanden. Dass solche Kerne durch eine schon abgelaufene Teilung entstanden sind, ist offenbar. Es können zuweilen sogar ganze Reihen von kleinen Kernen in einem derartigen Ei vorkommen; in Fig. 12 sind sechs solche kleine Kerne, in einer Gruppe zusammenliegend, wiedergegeben; auch in diesen Fällen müssen sie durch Teilung des ursprünglichen Eikerns entstanden sein. Es kommen auch Eier mit 8—10 und noch mehr solchen Kernen vor. Eier dieser Art besitzen kaum die Möglichkeit zur weiteren Entwicklung; zwar kann sich später auch das Eiprotoplasma in kleine Stücke teilen, diese Teilstücke bilden aber nur unregelmässige Haufen, keine wirklichen Morulæ und Blastulæ. Ich könnte aus meinen zahlreichen Präparaten solche kernführende Protoplasmakugelhaufen hier wiedergeben, will aber die Tafeln damit nicht füllen. Ebenso wenig will ich die weitere Entwicklung, resp. die Rückbildung, der Cytasteren, die zu keinem Kern gehören, hier weiter verfolgen, da ich zu Wilson's Darstellung nichts wesentliches hinzuzufügen habe.

14. Wilson hat auch hervorgehoben, dass vielpolige Teilungsfiguren entstehen können. Ich habe solche Eier oft angetroffen, welche in der Tat recht eigentümliche und wechselnde Bilder darboten. Ich kann nicht umhin, als Beispiel hier ein solches Ei von nicht zu komplizierter, prägnanter Konstruktion wiederzugeben; die Fig. 11 der Taf. VIII stellt ein Ei dar, wo der Kern zu drei Zipfeln ausgezogen ist, an denen je eine Sphäre mit ihrer Strahlung liegt; rings herum sieht man in der Eisubstanz die gewöhnliche Balkenanordnung.

15. Wenn man nun diejenigen Eier ganz besonders berücksichtigen will, welche sich *in mehr normaler Weise entwickeln*, um zu normal gestalteten Morulæ, Blastulæ, Gastrulæ und Plutei zu werden, so muss ich gestehen, dass man in allen diesen Präparaten, auch den allerbesten, relativ wenige ganz normal verlaufende Kernteilungen antrifft. Es kommen zwar hier und da Stadien von solchen vor; es gelang mir aber nicht, wie in den normal befruchteten Eiern, die ganze Reihe solcher Stadien zusammenzustellen. Dagegen gelang es mir, gerade wie Wilson, in den Blastomeren der parthenogenetisch sich entwickelnden Blastulæ und Gastrulæ sehr schöne, normal verlaufende Mitosen in zahlreicher Menge zu beobachten. Da es hier nicht meine Absicht ist, auf diesen Prozess näher einzugehen, beschränke ich mich darauf, in der Fig. 13 der Taf. VIII ein Stadium solcher Kernteilungen in einer Blastomere wiederzugeben. Weil es von Interesse ist, die Anzahl der Chromosomen in solchen sich teilenden Kernen festzustellen, bemühte ich mich, dies zu tun. In den meisten Fällen ist eine exakte Zählung solcher Chromosomen sehr schwer durchzuführen, weil sie gewöhnlich einander mehr oder weniger decken; oder auch ist der Schnitt so gefallen, dass sie nur teilweise im Präparate geblieben sind. Einigemal konnte ich aber, wie Wilson, die genaue Zählung ausführen und fand dann, wie er, 18 Chromosomen. In Fig. 14 der Taf. VIII ist ein solcher Fall abgebildet, wo der Schnitt die Spindel ungefähr der Quere nach und in der Nähe der angehörigen Centrosphäre getroffen hat; die achtzehn Chromosomenschlingen sind hier in ihrer gegenseitigen Lage und bei starker Vergrösserung (Zeiss' 2 mm Ap. 1,30, Okul. 12, und noch dazu 3 mal linear vergrössert) wiedergegeben.

Ich will auf diese hochinteressanten Phänomene diesmal nicht weiter eingehen, hoffe aber, ein anderes Mal auf dieselben zurückkommen zu können, falls es mir vergönnt wird, durch fortgesetzte Untersuchungen noch etwas tiefer in die schwierigen Probleme einzudringen.

Aus der hier oben in kurzgefasster Form gelieferten Darstellung dürfte nun hervorgehen, dass v. a. in den früheren Stadien die strukturellen Verhältnisse bei der parthenogenetischen Entwicklung der Seeigeleier zwar gewisse Ähnlichkeiten mit denen der normal befruchteten Eier darbieten, dass aber auch bedeutende Differenzen vorkommen.

Bei den parthenogenetisch sich entwickelnden Eiern verläuft der ganze Entwicklungsprozess viel langsamer und unregelmässiger. Zwar tritt, besonders bei der Anwendung der Buttersäuremethode, die Abhebung der Dottermembran schon früh und schnell ein. Die primäre Strahlung kann auch recht früh entstehen. Die eigentliche Teilung des Kerns und des Eikörpers lässt aber lange auf sich warten. Dazu kommt, dass auch bei den gelungensten Experimenten manche Eier in abnorme Entwicklungsbahnen eintreten, und zwar sowohl hinsichtlich der Zeit als der strukturellen Verhältnisse, wodurch eine mehr oder weniger grosse Anzahl von anormalen Variationen entstehen.

Da, wie nicht hinreichend genug hervorgehoben werden kann, dass hier *keine wirkliche Befruchtung*, sondern nur eine in verschiedener Weise künstlich hervorgerufene Art »Reiz» zur Furchung des Eies vorliegt, so ist die Zusammensetzung des Eies, und v. a. des Kerns, eine andere, was auch an der Chromosomenzahl sichtbar ist. Die Entstehung der Centrosphären bei dieser parthenogenetischen Entwicklung ist noch nicht sicher erklärt, obwohl es scheinen kann, dass Wilson darin Recht hat, dass sie *de novo* gebildet werden; jedenfalls haben wir für ihre Entstehung noch keine andere gesicherte Deutung.

Was schliesslich die Erklärung des ganzen Prozesses, der künstlich hervorgerufenen parthenogenetischen Entwicklung der Eier, betrifft, so kann ich nicht umhin, mich der skeptischen Anschauung von Delage in seiner oben angeführten Arbeit vom J. 1908 anzuschliessen. Nachdem er dort die bisherigen Deutungsversuche und Theorien als ganz unzureichend begründet erklärt hat, kommt er zu dem Schluss, dass man aus den Ergebnissen nur ersehen kann, dass die betreffenden chemischen und physikalischen Einflüsse, welche diese parthenogenetische Entwicklung hervorrufen, nur das Ei *auto-parthenogenetisch* machen. Er nimmt hierbei von seiner eigenen früheren Theorie Abstand, dass die Reaktionen in einer kombinierten Koagulation und Auflösung bestehen dürften, und tritt auch gegen die verschiedenen Theorien von Loeb auf. Meiner Ansicht nach ist die Frage noch sehr dunkel und das Problem nicht gelöst. Es ist aber ein bedeutendes Verdienst von Loeb und Delage sowie von den übrigen Forschern, welche sich der Erforschung dieses Problems gewidmet haben, nicht nur die vorkommenden Erscheinungen zu verfolgen als auch ihre Ursachen nachzuspüren, obwohl die schliessliche Lösung des Problems ihnen noch keineswegs gelungen ist.

Mir lag es nun, wie vorher Wilson, ganz besonders ob, die feineren strukturellen Veränderungen bei der parthenogenetischen Entwicklung zu verfolgen und zu eruieren, um sie mit denen der befruchteten Eier zu vergleichen. Obwohl auch diese Frage sich schwieriger zeigte, als ich von Anfang an glaubte, haben sich doch einige Resultate finden lassen, und zwar besonders hinsichtlich der Struktur und der Veränderungen im Eikörper selbst, im Protoplasma und Deutoplasma.

## 6. Über den Bau der Eier anderer Echinodermen.

### A. Eier anderer Seeigel.

(Taf. IX—X.)

Von anderen Seeigeln als Parechinus miliaris, welcher in den vorigen Kapiteln behandelt worden ist, untersuchte ich, wie oben erwähnt wurde, die Eier von *Parechinus microtuberculatus, Echinus esculentus, Paracentrotus lividus, Sphaerechinus granularis, Strongylocentrotus droebachiensis, Arbacia pustulosa, Echinocyamus pusillus* und *Bryssopsis lyrifera*.

Es würde hier gar zu weit führen und zu viel Platz in Anspruch nehmen, wenn ich versuchen wollte, den Bau der Eier aller dieser Seeigel einzeln für sich darzustellen. Im ganzen stimmt auch ihre feinere Struktur in so bedeutendem Masse mit derjenigen der Eier von Parechinus miliaris überein, dass es sich kaum lohnen würde, eine solche Darstellung zu geben. Ich werde mich deshalb damit begnügen, einige Bemerkungen über wichtigere, prinzipielle Fragen zu liefern.

Was zuerst die *unreifen Ovarialeier* betrifft, so ähneln die Verhältnisse bei den anderen Seeigeln denjenigen des Parechinus miliaris in hohem Grade. Die jüngsten Eier sitzen an den Wandungen der Ovarialsäcke mit breiterer oder schmälerer Fussfläche und lösen sich früher oder später von denselben ab, um dann, von den kleinen »Nährzellen» umgeben, innerhalb des Lumens dicht gedrängt (unter den Nährzellen) zu liegen und den Reifungs- und Vergrösserungsprozess durchzugehen. Bei allen untersuchten Seeigeln fand ich in den jungen und den sich reifenden Eiern die schon bei Parechinus miliaris eingehend dargestellte feinere Struktur mit einem feinen, mit kleinen Körnchen besetzten Mitomgeflecht und einem strukturlosen, hellen, halbflüssigen Paramitom; die Fig. 13 der Taf. IX zeigt aus einem unreifen Ei von Strongylocentrotus droebachiensis eine Partie, in welcher die verzweigten Mitomfasern in gut isolierter Lage hervortreten. Während der Reifung werden auch bei den anderen Echiniden die Dotterkörner in dem Mitomgeflecht, und zwar meistens zuerst in der Umgebung des Kerns, abgesetzt. Hierbei bilden sich allmählich die vom Mitomgeflecht umsponnenen Deutoplasmabalken mit Paramitomkanälen zwischen sich aus. Dieser Bau erhält sich dann während des reifen Stadiums sowie auch während der Befruchtungperiode, in welcher jedoch dieselben Strahlungserscheinungen wie bei Parechinus miliaris auftreten. Das Verhalten des Kerns ist in den entsprechenden Stadien der Eientwicklung auch dasselbe. In Fig. 17 der Taf. IX ist von Parechinus microtuberculatus ein Ei mit dem eingedrungenen Spermiumkern und der um sein Mittelstück (Verbindungsstück, Nebenkörperorgan) entstandenen Strahlungssonne wiedergegeben; in dem letzteren erkennt man sehr deutlich, und noch von dem Hämatoxylin etwas dunkel gefärbt, vier Körner; die hier hinausgehenden Strahlen des Protoplasmas, mit den Deutoplasmakörnerreihen zwischen sich, laufen eine Strecke weit hinaus, um schliesslich direkt in das gewundene Mitomgeflecht überzugehen. Die Fig. 16 der Taf. IX stellt die Strahlung um einen geteilten Kern dar, welcher noch aus kleinen Stücken besteht, die bald zu einem ganzen Kern zusammenfliessen werden; die Strahlen reichen ganz zur peripherischen Schicht hinaus und stellen gestreckte Mitomfasern dar, zwischen denen die Reihen der Deutoplasmakörner liegen.

Dies dürfte nun genügen, um die hauptsächliche Übereinstimmung in der feineren Struktur darzulegen. Dass aber auch kleinere Verschiedenheiten in den Eiern der verschiedenen Genera und Arten vorkommen können, ist natürlich; schon die Anwesenheit von Pigmentkörnern bei Paracentrotus lividus, und noch mehr bei Arbacia, gehört zu solchen Spezialisationen.

Was nun die *Hüllen* der Eier betrifft, so versuchte ich bei den anderen Seeigeleiern dieselbe Methode, mit

welcher ich bei Parechinus miliaris in einigen Beziehungen so gute Resultate gewonnen hatte, zu applizieren. Zu meinem Erstaunen zeigte es sich aber, dass die Methylenblaufärbung bei diesen anderen Seeigeln im allgemeinen nicht gelang. Die blaue Farbe veränderte sich sogleich in eine rotviolette, wie dies auch bei vielen anderen meerbewohnenden Tieren der Fall ist. Wie ich schon früher bemerkt habe, färbt sich z. B. bei Würmern, die zusammen in derselben Meeresbucht leben, das Nervensystem der einen Sorte sehr schön, dasjenige der anderen aber gar nicht; das Nervensystem von Nereis diversicolor färbt sich somit sehr gut, dasjenige von Arenicola marina, welche in derselben Bucht lebt, gar nicht. Sowohl bei diesen Tieren, wie bei den fraglichen Seeigeleiern, versuchte ich oft, die Methylenfarbe durch Zusatz von verschiedenen Säuren und Alkalien so zu modifizieren, dass die blaue Farbe sich erhalte und die Strukturen färbe, aber im ganzen ohne Erfolg. Nur in einigen Fällen erhielt ich an den Eiern von Echinus esculentus (Taf. IX, Fig. 1 und 2), von Paracentrotus lividus (Fig. 3 und 4 der Taf. IX) und von Sphaerechinus granularis (Fig. 5 und 6) ein deutliches Mikropyleloch an der gelatinösen Hülle und an der äusseren Fläche der letzteren die Andeutung einer eben solchen körnigen Struktur wie bei Parechinus miliaris. Bei Echinocyamus erhielt ich auch hin und wieder solche runde Löcher in der Hülle (Fig. 7 u. 8), aber nie mit solcher Deutlichkeit und Schärfe wie bei dem Parechinus. In manchen Fällen hing durch das Loch ein Protoplasmatropfen hervor, wie in Fig. 3. Ohne Zweifel ist, wie Boveri ja schon längst durch Zusatz von Tusche zu den Eiern von Paracentrotus lividus nachgewiesen hat, bei allen diesen Eiern eine Mikropyle vorhanden. Die Meylenthblaumethode gibt aber, wie erwähnt, gar nicht so gute Färbungsresultate wie an den Eiern von Parechinus miliaris. Die Rosanilinfärbung versagt eigentümlicherweise im ganzen auch bei jenen anderen Seeigeln, während sie bei Parechinus schöne Färbungsbilder gibt.

Was die Dottermembran und ihre Entstehung und Abhebung betrifft, gilt auch für die anderen Seeigeleier die für die Eier des Parechinus miliaris oben gelieferte Darstellung.

Die Einlagerung der Dotterkörner in das Protoplasma geschieht in derselben Weise wie bei Parechinus miliaris, indem sie immer zahlreicher in das Mitomgeflecht in verzweigten Balken abgelagert werden. Diese zwischen den hellen Paramitomkanälen befindlichen Deutoplasmabalken sind von dem verästelten, gekörnten Mitomgeflecht reichlich umsponnen. In den Fig. 11 und 12 sieht man in jungen Eiern von Echinus esculentus an den rotgefärbten Partien diese Ablagerung in verschiedenen Stadien; um diese Deutoplasmapartien ist das Mitomgeflecht gewöhnlich reichlicher und liegt hier oft zu dickeren Haufen zusammengedrückt. Die Fig. 15 gibt von Paracentrotus lividus einen Medianschnitt eines reifen Eies mit dem kleinen Eikern und der fertigen Deutoplasma-Einlagerung in den Balken. Dies alles stimmt ganz mit den Verhältnissen bei Parechinus miliaris überein, weshalb ich nicht weiter hierauf eingehe.

## B. Die Eier der Seesterne.

Taf. X.

Bei diesen Tieren habe ich v. a. die Eier von *Asterias rubens* L. untersucht. Ausserdem benutzte ich zum Vergleich auch die Eier von *Astropecten irregularis* (Penn.), *Solaster papposus* (Fabr.), *Ophiothrix fragilis* (O. F. Müll.) und *Antedon petasus* (Düb. & Kor.). Ich werde mich besonders an die Verhältnisse bei Asterias halten, aber auch sie möglichst kurz besprechen, und im übrigen auf diejenigen bei Parechinus miliaris hinweisen.

Die jungen Eier im Ovarium liegen auch bei Asterias an den Wänden der Säckchen oder in ihrer nächsten Nähe, mehr oder weniger von Nährzellen umschlossen. Die Fig. 1 und 2 der Taf. X stellen Partien von Schnitten solcher Säckchen dar, in denen unreife Eier in verschiedenen Stadien vorliegen; in Fig. 1 sieht man rechts und links die jüngsten als kleine, runde Kugeln mit sparsamen Mitomfasern in der Paramitomsubstanz; dann folgen sowohl in dieser Figur, wie in Fig. 2, die grösseren, erwachseneren Formen mit denselben, aber weit zahlreicheren Mitomfasern in dem ebenfalls stark vermehrten Paramitom und dem immer vergrösserten Kern (Keimbläschen), in welchem die körnigen Chromatinfäden und das vergrösserte Kernkörperchen — teilweise mit hellen Alveolen versehen — zu bemerken sind. Von einigen dieser Eier sind nur kleinere Schnittpartien wiedergegeben, weshalb der Kern mit seinem Inhalt nicht sichtbar ist. Das Mitom besteht hier, wie in jungen Parechinuseiern, aus einem Geflecht heller Fasern mit ihnen angehängten, dunkel gefärbten Körnern. Man kann im perspektivischen Bilde im Mikroskope, beim Heben und Senken des Tubus, die Fasern zuweilen recht weit verfolgen und sieht sie sich hin und wieder dichotomisch teilen und verästeln; eine netzartige Beschaffenheit findet man aber nicht. Bei der

Abbildung dieses Mitomgeflechtes ist es sehr schwer, dies deutlich perspektivisch wiederzugeben. In der in Fig. 3 einzeln abgebildeten Eizelle waren indessen diese Geflechtfasern besonders leicht verfolgbar; man kann sie auch in der Figur streckenweise sehr gut wahrnehmen. Die in den Fig. 1 und 2 zwischen den Eiern gedrängt liegenden »Nährzellen» sind stets sehr klein, ohne deutlich hervortretende Protoplasmastruktur, aber mit scharfen Zellgrenzen, kleinem rundem oder ovalem Kern und kleinem Nucleolus. An dem unteren Schnittrande der Fig. 1 sind zwei eigentümliche Kugeln mit je einem gewundenen, dunkel gefärbten Faden vorhanden; es fanden sich in diesen Präparaten mehrere derartige Gebilde, das eigentliche Wesen und die Bedeutung derselben blieben mir aber unklar; sie haben ein Aussehen wie von Kernen mit Chromatinfäden, ich muss aber ihre wahre Natur bis auf weiteres als ungelöst betrachten.

Bei der danach folgenden Anreifung der Eizellen lagern sich im Mitomgeflecht die Dotterkörner in Balkensträngen ab, und hierdurch entsteht, wie bei Parechinus, eine immer deutlichere balkige Anordnung, indem die Deutoplasmabalken von Mitomfasern umgesponnen und die hellen Paramitomräume zwischen den Balken gelagert sind. Die Fig. 5 gibt den grösseren Teil eines Schnittes von einem solchen sich anreifenden Ei wieder, in welchem diese Balkenanordnung deutlich hervortritt. Zuweilen ist die Paramitomsubstanz spärlicher vorhanden, und dann tritt die Anordnung der mehr zusammengepackten Balken weniger prägnant hervor.

Bei Asterias rubens habe ich dann noch die Reifeerscheinungen und v. a. die Bildung der Richtungskörper (Polarkörper) genauer untersucht; bei diesen Tieren lässt sich bekanntlich dieser Prozess mit besonderem Erfolg studieren, nachdem aus den Ovarien die Eier ins Meerwasser übergeführt sind. Auch die Befruchtungs- und die parthenogenetischen Entwicklungsverhältnisse sind bei Asterias bequem zu verfolgen. Da ich aber hoffe, auf diese Fragen ein anderes Mal ausführlicher zurückzukommen, will ich diesmal bei der Richtungskörperbildung nur die hier besonders zu beachtende Protoplasmastruktur berücksichtigen. Es sind aus diesem Prozesse, von dem ich viele Abbildungen gezeichnet habe, vier Figuren (Fig. 6—9) hier auf Taf. X wiedergegeben, von denen die Fig. 6 und 7 die Spindelbilder des ersten Richtungskörpers, die Fig. 8 und 9 Vorbereitungsstadien zur zweiten Richtungskörper-Bildung (nach der Abgabe des ersten Körpers) wiedergeben. Wie eben betont, will ich hier nur das Verhalten des Proto- und Deutoplasmas zu den Spindeln und speziell zu den Strahlungssonnen besprechen. In den Fig. 6 und 7 haben wir es mit grösseren Strahlungen zu tun. Die um die Centrosphären angeordneten Strahlen sind offenbar echte Mitomfasern, welche sich in der Strahlungsperipherie dichotomisch verästeln und in das umgebende Mitomgeflecht übergehen, wobei die Dotterkörner zwischen den radiierenden Mitomfäden in ebenfalls radiierenden Kolonnen liegen bleiben. In den anderen beiden Figuren (8 und 9) haben sich wieder die Strahlungssonnen bedeutend reduziert; die verkürzten Strahlenfasern gehen aber auch hier dichotomisch verästelt in das umgebende Mitomgeflecht über, indem die gewöhnliche Balkenanordnung weiter nach den Centrosphären hin vorgedrungen ist. Auf eine weitere Beschreibung dieser Verhältnisse brauche ich hier nicht einzugehen. Man erkennt ja im ganzen dieselben Prozesse, wie bei den schon bei den Parechinuseiern dargestellten Vorgängen der Eiteilung bei der Befruchtung und der parthenogenetischen Entwicklung. Nur ist bei der Richtungskörperbildung, wie hier bei Asterias dargestellt wurde, zu bemerken, dass die peripherische Strahlungssonne dicht unter der Eioberfläche liegt, wodurch ihre Strahlen keinen Platz zur peripherischen Ausbreitung im Eikörper finden, sondern sich fast sämtlich centralwärts wenden müssen, wie dies aus den Figuren hervorgeht.

An den Asteriaseiern findet man fast immer an der Eioberfläche unter der Hülle eine dünne Lage von sich stark dunkel färbenden Körnern (Fig. 5—9), welche die Hämatoxylinfarbe länger behalten, als die übrigen Mitomkörner. Wenn man ein solches gefärbtes Ei von der Oberfläche betrachtet, bemerkt man, dass diese Körner durch dünne, hellere Fäden vereinigt und meistens in rundlichen Ringen angeordnet sind; sie scheinen aber mit dem Mitomgeflecht der unter ihr befindlichen Eischicht vereinigt zu sein.

Was nun die eigentliche *Hülle* der Asteriaseier betrifft, so stellt sie, auch wie bei den Echinus- und Parechinuseiern, eine gelatinöse Schicht dar. Es gelang mir in dieser Hülle nie, eine Mikropyle nachzuweisen; durch Methylenblau erhielt ich keine solche Lochbildung und keine derartige Zeichnung, wie bei den Parechinuseiern. Die Asteriaseier waren im ganzen gegen diese Färbung refraktär. Einigemal erhielt ich aber, und dann an allen Eiern in denselben Präparaten, eine interessante Färbung von Zellgrenzen. Auf der Tafel (X) konnte ich von meinen davon gemachten Abbildungen nur für eine derselben Platz finden. In Fig. 4 ist eine solche mitgeteilt; sie stellt ein ganzes Ei bei schwächerer Vergrösserung (Ver. Obj. 7 und Okul. 3, eingesch. Tub.) dar. Man sieht das Ei von einer Zellenschicht umgeben, deren Grenzen durch die Methylenblaufarbe angegeben sind; einige dieser sehr dünnen, platten Zellen sind kurz und breit. Die meisten sind aber lang und gewöhnlich spindelförmig, ein

Mosaik von langen Maschen bildend. Am optischen Querschnitt von Eiern, die mit Osmium und Karmin behandelt waren, erkennt man, dass diese Zellenhülle an der Aussenfläche der gelatinösen Hülle liegt und mit Kernen versehen ist (Fig. 4 *a* der Taf. X).

Im Anschluss an diese kurzgefasste Darstellung der Eier von Asterias rubens will ich diesmal nur von noch einem anderen Seestern den Eibau ein wenig berühren, nämlich von *Solaster papposus* Fabr. Die Eier dieses Seesterns unterscheiden sich nämlich im Bau von denjenigen von Asterias in mehrfacher Hinsicht. In den unreifen Eiern von Solaster erkennt man zwar ein ähnliches Mitomgeflecht von dichotomisch verästelten körnigen Fasern, welche in einem sichtbar unstrukturierten Paramitom gelegen sind und hier und da verdickte, teilweise koncentrisch angeordnete Streifen und Lamellen bilden (Fig. 11 der Taf. X). Dies scheint auch ganz besonders in der Umgebung des Kerns vorzukommen, wo koncentrische Lamellen sehr gewöhnlich sind. Bei der Anreifung der Eier werden die Dotterkörner in einem anastomosierenden Protoplasma-Balkengerüst abgelagert, wo sie von dem Mitomgeflecht umsponnen sind, wobei zwischen den Balkenmaschen helle rundliche oder ovale, teilweise untereinander zusammenhängende »Tropfen» auftreten, deren eigentliche Natur ich nicht zu eruieren vermochte. In den Fig. 12 und 13 der Taf. X sind diese Gebilde, welche in allen reiferen Eiern in grosser Menge vorkommen, wiedergegeben. In solchen reiferen Eiern traf ich aber dann noch mehr oder weniger zahlreich eigentümliche, verästelte Fäden, welche mit dem Mitomgeflecht nicht direkt zusammenhängen, sondern weit straffer und glatter erscheinen und hier und da zu spindelförmigen oder ovalen Knotenpunkten zusammenfliessen. Die Fig. 12 und 13 der Taf. X stellen einige Partien solcher Fadengeflechte dar. Die Knotenpunkte erinnern an verzweigte Zellen, und man denkt hin und wieder an ein Holmgren'sches Trophospongiumnetz. Es gelang mir aber nie, in diesen Knotenpunkten das Vorkommen von Kernen mit Sicherheit nachzuweisen. Ich wollte aber auf das Vorhandensein solcher eigentümlichen Fadenstrukturen in den Solastereiern hinweisen, die wohl ein eingehenderes Studium verdienen. Vielleicht komme ich ein anderes Mal auf sie zurück.

## 7. Über den Bau der Eier einiger anderer Wirbellosen.

### A. Der Bau der Eier bei den Coelenteraten.

Taf. XI.

Weil es mir von Interesse erschien, den von mir hier oben beschriebenen Eibau der Echinodermen mit dem einiger anderer Tiergruppen zu vergleichen, so habe ich Eier von einigen Coelenteraten, Würmern, Mollusken und Wirbeltieren, vermittelst derselben Methoden und mit der Aufmerksamkeit auf die entsprechenden Strukturverhältnisse gerichtet, untersucht.

Von Coelenteraten wählte ich besonders zwei Discomedusen aus, nämlich *Aurelia aurita* (L.) und *Cyanea capillata* (L.). Ich will hierbei ganz besonders die Struktur des Protoplasmas und die Einlagerung des Deutoplasmas in dasselbe besprechen. Von hierauf bezüglichen Angaben anderer Forscher auf diesem speziellen Gebiete konnte ich in der mir zugänglichen neueren Literatur nichts finden. Über die Eibildung einer anderen nahe verwandten Discomeduse, *Pelagia noctiluca* Pér. et Less., ist nun gerade während der allerletzten Zeit eine Arbeit von Schaxel [1]) veröffentlicht, welche zwar eigentlich die morphologischen Beziehungen der Kernsubstanzen untereinander und zum Cytoplasma behandelt, aber doch auch den Bau des letzteren berührt. Hinsichtlich der Oogonien äussert der Verf.: »Das Cytoplasma besitzt eine feinwabige Struktur und zeigt nur zu Plasmafarben Affinität (ausgeprägte Achromasie)»; über die von ihm zu beweisende Emission des Chromatins aus dem Kern ins Ooplasma sagt er: »Bei Annahme einer wabenartigen Grundstruktur von Kern und Plasma erklären sich die Bilder der Chromatinverteilung durch die Einlagerung der Chromatinpartikel in die Wabenwände und die Fortbewegung in diesem

[1]) Julius Schaxel, *Die Eibildung der Meduse Pelagia noctiluca* Pér. et Less. Untersuchungen über die morphologischen Beziehungen der Kernsubstanzen untereinander und zum Cytoplasma. Festschrift für Richard Hertwig, Bd. I, 1910.

festeren Teil des Plasmagefüges». Er gibt auch eine schematische Figur, welche die Struktur des Cytoplasmas als ein wabiges Netzwerk mit sechseckigen Maschen darstellt. Seine anderen Figuren, v. a. Fig. 1—9 bieten aber auch eine echt wabige Struktur des Cytoplasmas dar.

In den noch ganz kleinen jungen Eiern von *Aurelia* fand ich nun, im Gegensatz zu den Befunden Schaxel's bei Pelagia, keine »wabige» Struktur im Protoplasma, sondern, wie in den obigen beschriebenen Eiern der Echinodermen, einen Bau aus strukturlosem, hellem Paramitom mit in demselben eingelagerten Mitomfasern, welche in sparsam dichotomischer Verästelung das Paramitom durchziehen und hier und da durch das Hämatoxylin dunkler gefärbte Körnchen enthalten. In der Fig. 1 der Taf. XI findet sich unter den epithelial an der ovarialen Wand angeordneten Zellen ein kleines Ei eingelagert, in welchem man diese Protoplasmastruktur rings um den verhältnismässig grossen, einen Nucleolus und Chromatinkörnchen-Reihen enthaltenden Kern bemerkt. Die Fig. 2 stellt ein etwas grösseres, noch ganz junges Ei dar, in dem indessen schon die Einlagerung von Dotterkörnern in der Umgebung des Kerns (die rotgefärbte Partie) begonnen hat. In der Fig. 1 findet man ein noch grösseres Ei mit schon grossem Kern (der Nucleolus war ausserhalb des Schnittes gelegen); in dem Kerne sind die dunklen Chromatinkörner-Haufen und ein feines, helles Fasergeflecht sichtbar; die Struktur des nun vermehrten Protoplasmas ist dieselbe, wie in den besprochenen Eiern; in den Mitommaschen erkennt man an der einen Seite des Kerns eine grössere Ansammlung von rotgefärbtem Deu toplasma. Die Fig. 4 stellt ein weiter vergrössertes Ei dar, in welchem das Mitomgeflecht schon bis zur Nähe des Aussenrandes das Deutoplasma in der Gestalt von gewundenen Balken aufgenommen hat; der relativ grosse Kern enthält den Nucleolus und verzweigte dunkle Chromatinkörner-Haufen. Die Fig. 5 gibt einen Schnitt eines noch grösseren Eies wieder, in welchem sowohl der Eikörper selbst als der Kern nicht durch die Mittelaxe, sondern etwas an der Seite derselben, getroffen sind, weshalb sie relativ zu klein sind; im Kerne sieht man auch keinen Nucleolus. Hier ist aber die Ablagerung der Dotterkörner so weit gediehen, dass man am ganzen Eischnitt rotgefärbte Deutoplsmabalken bis an die Eiperipherie hinaus erkennt; diese Balken sind sämtlich von schwarzgefärbten, dichotomisch verästelten, gekörnten Mitomfäden umsponnen, und zwischen den Balken sieht man die Verteilung der hellen Paramitomräume.

Schliesslich liegt in Fig. 6 der Taf. XI der Medianschnitt eines ungefähr reifen Eies vor, in welchem der grosse Kern gleichartige Bestandteile wie in den jüngeren Eiern darbietet und der übrige Eikörper, von der Kernmembran bis zur Peripherie, eine grosse Anzahl von rotgefärbten Deutoplasmabalken, welche von Mitomfasergeflechten umsponnen sind, enthält; zwischen diesen Balken erkennt man die hellen Paramitomräume.

In Fig. 7 ist bei derselben Vergrösserung wie in den Fig. 1—6 (Zeiss' Apochrom. 2 mm. Ap. 1,30, Komp. Ok. 12) eine kleine Partie des Balkenwerkes aus einem solchen Ei wiedergegeben, wo dies Balkenwerk noch gröber und distinkter war. Es kommen in den Präparaten auch Eier vor, in welchen die Paramitomräume schmäler und beschränkter sind, wodurch die Balken teilweise gedrängter liegen und nicht so prägnant hervortreten. Die Fig. 8 stellt in noch dreimal linearer Vergrösserung eine kleine Partie des in Fig. 6 wiedergegebenen Balkenwerks dar.

Die hier in Verbindung mit diesen Figuren gelieferte Darstellung vom Bau der sich entwickelnden und anreifenden Eier von Aurelia aurita dürfte genügen, um zu zeigen, zu welchen Ergebnissen meine Untersuchungen über den Bau derselben geführt haben. Mit einem *Wabenbau* lassen sich diese Ergebnisse keineswegs vereinigen, sondern sie statuieren im Gegenteil einen *Mitomgeflechtbau*.

Die Eier von *Cyanea capillata* (Taf. XI, Fig. 9—16) bestätigen diese Auffassung. Die Fig. 9 stellt ein noch kleines Ei dar, in dessen Protoplasma die gekörnten Mitomfasern das helle Paramitom durchflechten; in demselben sieht man ausserdem einige rundliche oder ovale helle Kügelchen, deren Natur ich nicht sicher eruieren konnte; im Kern findet man den Nucleolus, aber nur ganz kleine Chromatinkörnerhaufen, und zwar an der Kernmembran liegend. Die Fig. 10 gibt ein etwas grösseres Ei wieder, in welchem derselbe Bau vorliegt. Die Fig. 11 stellt die Oberfläche eines noch grösseren Eies dar, wo man die Anordnung der äussersten gewundenen und teilweise (aber sparsam) dichotomisch verästelten, gekörnten Mitomfasern in ihrer natürlichen Lage wahrnimmt; in diesem Ei hatte die Bildung der Dotterkörner schon begonnen; man sieht in der Figur, unter den Fasern, einige rotgefärbte Dotterkügelchen. In Fig. 12 ist der Medianschnitt eines grösseren Eies abgebildet, in dem man den Kern (ohne Nucleolus) und das fadige, gekörnte, dichotomisch verästelte Mitomgeflecht erkennt; hier ist im Paramitom eine Anzahl von rotgefärbten Dotterkugeln verschiedener Grösse abgelagert.

In Fig. 13 (der Taf. XI) ist der nicht ganz median getroffene Schnitt eines noch weiter angereiften Eies wiedergegeben, in welchem die hintere Hälfte des Kerns mit der schaligen hinteren, teilweise beschädigten, d. h. des Schalenbodens zum Teil beraubten Kernmembranwandung mit an ihr befestigten Chromatinkörnerreihen zu

sehen ist. Im Eikörper selbst nimmt man das Mitom als ein reiches, mit Körnchen besetztes, dunkelgefärbtes Fasergeflecht wahr, in dessen von dem hellen Paramitom eingenommenen Zwischenräumen eine grosse Anzahl von rotgefärbten Dotterkügelchen verschiedener Grösse abgelagert liegt.

Ähnliche Verhältnisse bietet die Fig. 14 dar, in welcher die seitliche Partie eines anreifenden Eies abgebildet ist; der grosse Kern, mit seinem Nucleolus und Chromatingerüst nebst dem hellen, feinen Zwischennetz, liegt hier, wie es so oft vorkommt, in der nächsten Nähe der Eiperipherie und zeigt in seiner Membran Einbuchtungen, deren Natur nicht sicher aufgeklärt sind; einige Autoren stellen dieselben mit Schrumpfungen während des Lebens infolge von Chromatinabgaben u. s. w., andere mit Schrumpfungen durch die Fixations- und Einbettungsprozeduren zusammen. Im eigentlichen Eikörper sieht man das hier etwas weniger dichte Mitomfasergeflecht und ziemlich zahlreiche rote Dotterkügelchen; ausserdem bemerkt man einige vom Hämatoxylin noch schwarzgefärbte Kügelchen, deren Natur mir anfangs nicht ganz verständlich erschien; ich glaubte zuerst, dass sie derselben Art, wie die bei einigen anderen Eiern (s. unten bei den Eiern der Nemertinen und Lamellibranchier) befindlichen dunklen Kugeln im Protoplasma seien, kam aber dann zu der Überzeugung, dass sie nur Dotterkügelchen sind, welche ausnahmsweise die Hämatoxylinfarbe länger behalten hatten.

Schliesslich habe ich in den Fig. 15 und 16 (der Taf. XI) zwei kleine seitliche Partien von beinahe ausgereiften Eiern wiedergegeben, in denen das Mitomfasergeflecht auf die schönste Weise in seinen Ausbreitungen zu verfolgen ist und die zwischen ihren Fasern eingelagerten Dotterkügelchen deutlich hervortreten. Besonders in der Fig. 16, bei dem am meisten ausgereiften Ei, sind diese Strukturverhältnisse klar und deutlich.

Auffallend ist es nun, dass in den Eiern von Cyanea keine eigentliche Balkenanordnung, wie in denen von Aurelia (und den Echiniden) nachzuweisen ist; die Dotterkügelchen liegen in denen von Cyanea zwischen den Mitomfasern in zerstreuter Anordnung, nicht zu Balken vereinigt. Die Grundstruktur ist aber prinzipiell derselben Natur. Eine *wabige* Struktur habe ich in den Eiern von Cyanea nie gesehen.

## B. Der Bau der Eier bei den Würmern.

Taf. XII.

Weil ich diesmal beabsichtigte, zum Vergleich mit den bei den Echiniden gewonnenen Ergebnissen aus anderen Tierklassen einige Beispiele auszuwählen, untersuchte ich auch die Eier mehrerer Würmer, u. a. diejenigen einiger Polychäten (Arenicola, Glycera u. s. w.); da es sich aber zeigte, dass die Dotterkörner in denselben die Hämatoxylinfarbe so stark aufnahmen und bei der Differenzierung so lange behielten, dass das Mitom dadurch verdeckt und früher abgefärbt wurde, so übergab ich diesmal ihre weitere Untersuchung.

Dagegen fand ich bei der Turbellarie *Prostheceraeus vittatus* Mont. und der Nemertine *Malacobdella grossa* (O. F. Müll.) für die vorliegende Frage sehr interessante Typen.

### 1. *Der Eibau bei Prostheceraeus vittatus* (Taf. XII, Fig. 1—10).

Die Eier dieser Turbellarie sind schon mehrmals von bewährten Forschern untersucht worden, und zwar hauptsächlich in Betreff ihrer Befruchtung und Entwicklung. In seiner wichtigen Abhandlung über die Eireifung und Befruchtung dieser Eier äussert A. v. Klinckowström [1]: »Das Protoplasma (des Ovarialeies), in welchem zahlreiche Dotterkörner von 2—6 μ Durchmesser eingelagert sind, zeigt eine sehr deutliche Filarstruktur». Er bespricht auch die Bildung der Richtungsspindeln und Polstrahlungen sowie der Furchungsspindeln resp. Strahlungen. Bald danach behandelte P. Francotte [2]) die Eireifung und Befruchtung bei mehreren Polycladen, auch bei Prostheceraeus. Ferner hat O. Gérard [3]) eine grössere Arbeit über den Eibau dieses Tieres herausgegeben. In Übereinstimmung mit Francotte (bei mehreren Polycladen) fand er auch bei dem genannten Tiere in den jungen Oocyten eine retikuläre Struktur des Protoplasmas. In den Maschen dieses Netzes lagern sich dann die Dotterkörner ab;

[1]) A. von Klinckowström, *Beiträge zur Kentniss der Eireifung und Befruchtung bei Prostheceraeus vittatus.* Arch. f. mikrosk. Anat. u. Entw. Gessh. Bd 48, 1897.

[2]) P. Francotte, *Recherches sur la maturation, la fécondation et la segmentation chez les Polyclades.* Archives de zoologie expérimentale et générale. 3 Série, Tome 6, 1898.

[3]) O. Gérard, *L'ovocyte de prémier ordre du Prostheceraeus vittatus.* La Cellule. Tome 18, 1901.

sie werden ellipsoidisch und schliesslich werden die Maschen so gestreckt, dass ihre Fasern beinahe parallel zu einander verlaufen; hierdurch wird das ursprüngliche Reticulum verändert und die Maschen verschwinden zum grossen Teil. Die anfangs kugeligen Dotterkörner verlängern sich; die peripherischen behalten die Hämatoxylinfarbe kräftiger als die centralen.

Was nun meine eigenen Untersuchungen über den Eibau bei Prostheceraeus betrifft, so gelang es mir bei diesen Eiern nicht, eine Mikropyle zu finden. Die Fig. 1 der Taf. XII zeigt ein solches gelegtes Ei bei schwächerer Vergrösserung. Das kugelige Ei ist von einer birnförmigen, frei von seiner Oberfläche abstehenden, dünnen Eihaut umgeben, welche weder durch die Methylenblau- noch durch die Rosanilinlösung strukturell gefärbt wird; die letztere Lösung gibt ihr höchstens eine schwache Rosafarbe; das Ei selbst nimmt aber diese Farbe stark auf (Fig. 2), und dann sieht man oft, dass sich von seiner Oberfläche eine sonst nicht sichtbare (oder dicht anliegende), sehr dünne Haut abtrennt, welche wohl als die Dotterhaut aufzufassen ist.

An mikrotomierten, gefärbten Schnitten anreifender und reifer Eier (Fig. 3 der Taf. XII) erkennt man eine Anordnung in verästelten und anastomosierenden Balken mit hellen Räumen in den Maschen. Diese Balken bestehen aus Dotterkugeln verschiedener Grösse und sind von körnigen Mitomfasergeflechten umsponnen. Die angeführte Fig. 3 zeigt den Schnitt eines solchen Eies, und Fig. 4 gibt aus einem anderen Eie eine kleinere Partie des Balkengerüstes wieder. Die hellen Räume enthalten offenbar Paramitomsubstanz. In den befruchteten Eiern entstehen dann rings um die Centrosphären grössere oder kleinere Strahlungen, wie dies auch bei den von v. Klinckowström so genau geschilderten Richtungskörperbildungen der Fall ist. Bei den Strahlungen von geringerer Ausdehnung, wie in den Fig. 6, 7 und 8 (Taf. XII), erkennt man in schönster Weise, dass die Strahlenfasern in der Peripherie der Sonne sich bald verästeln und in das gewöhnliche gekörnte Eimitom übergehen, welches die verzweigten Deutoplasmabalken umspinnt. Auf die übrigen hiermit zusammenhängenden interessanten Fragen hinsichtlich der Bildung und Zusammensetzung der Centrosphären, der Centralkörper, der Chromosomenzahl u. s. w. gehe ich hier nicht ein, weil mir diesmal das Protoplasmaproblem besonders zur Besprechung vorliegt. Aus dieser kurzgefassten Darstellung geht nun aber hervor, dass ich in der Eistruktur dieser Tiere keine »wabige» Zusammensetzung fand, sondern dass, wie v. Klinckowström schon im J. 1897 prägnant angab: »Das Protoplasma, in welchem zahlreiche Dotterkörner von 2—6 μ Durchmesser eingelagert sind, zeigt eine sehr deutliche *Filarstruktur*». Dagegen bin ich mit Francotte und Gérard insofern nicht ganz überein, als sie diese fadige Struktur »retikulär» nennen. Ein »Reticulum», ein »Netz» finde ich auch hier nicht, sondern ein Geflecht von dichotomisch verästelten Fasern. Es scheint aber, als ob die beiden letzteren Autoren in späteren Stadien der Eientwicklung dieser Tiere die Netzmaschen zum grossen Teil verschwinden lassen, wodurch das Reticulum als solches stark reduziert und verändert wird.

2. *Der Eibau bei Malacobdella grossa* (Taf. XII, Fig. 11—19).

Die Eier der Nemertine Malacobdella sind in mehrfacher Beziehung interessant. Erstens sind sie von einer sehr dicken gelatinösen Hülle (sog. Chorion) umgeben, in welcher man schon im frischen Zustande im optischen Durchschnitt eine sehr deutliche Lagerung von koncentrischen Schichten wahrnimmt. Die Fig. 15 stellt ein solches Ei bei mässiger Vergrösserung dar, in dessen Hülle neun solche koncentrische Schichten nachweisbar sind, wozu ausserdem noch eine äusserste helle Lage ohne scharfe periphere Begrenzung hinzukommt; an der inneren Grenze der letzteren Lage findet sich die äusserste scharfe Decklage, und zwischen den folgenden inneren noch je eine solche verdichtete, scharf hervortretende Begrenzung. Es scheint, als ob solche gelatinöse Schichten sich nach und nach periodisch ablagern und die eben genannten Begrenzungslagen nach der Bildung jeder solchen Schicht entstehen, in welchem Falle die in Fig. 15 erwähnte alleräusserste Schicht ihre Decklage noch nicht bekommen hätte. In den Fig. 13 und 14 sind bei etwas schwächerer Vergrösserung (Vér. Obj. 2 und Okul. 3, eingeschob. Tub.) zwei andere Eier mit der koncentrischen Schichtung der gelatinösen Hülle wiedergegeben. Bei verschiedenen Eiern kann man übrigens eine etwas wechselnde Anzahl von Schichten wahrnehmen.

Wenn man nun diese Eier mit Methylenblau- oder mit Rosanilinlösung behandelt, so findet man, dass die Decklagen der Schichten eine Struktur darbieten, welche die äussere Decklage der gelatinösen Hülle der Eier von Parechinus miliaris sehr ähnlich ist; es färben sich nämlich in den Deck- oder Begrenzungslagen der Schichten der Hülle der Malacobdellaeier zahllose Körnchen, welche über die ganze Lage zerstreut liegen. In den inneren Lagen sah ich sie meistens, wie die Fig. 17 sie bei starker Vergrösserung (Zeiss' Apochrom. 2 mm Apert. 1,30, Komp. Ok. 12) in der flächenhaften Ausbreitung zeigt, indem sie hier ovale oder eckige Felder umgrenzten. Die äusserste Decklage gab aber gewöhnlich eine solche Anordnung der Körnchen, wie die Fig. 16 sie wiedergibt.

Die erwähnte Färbung der Eier gab aber noch eine wichtige Erläuterung. Es trat dabei konstant das Vorhandensein einer rundlichen *Mikropyle*öffnung hervor, welche sich in den dunklen Körnerlagen als körnerfrei und ganz hell zeigte. In den Fig. 11 und 12 sieht man die äussere Öffnung des Mikropylekanals in der Wölbung des Eies, und in Fig. 13 und 14 erkennt man dieselbe im seitlichen Bilde, indem von der Eioberfläche »im Profil» eine mehr oder weniger deutliche Erhebung derselben sichtbar ist, an deren Mitte sich die Mikropyleöffnung findet.

Was nun den *Bau des Eies* selbst betrifft, welcher eigentlich der Gegenstand dieser meiner Untersuchung war, so fand ich in den jungen, unreifen Eiern ganz dieselbe Protoplasmastruktur wieder, die ich oben bei den Echiniden beschrieben habe, nämlich ein helles Paramitom mit in demselben eingelagerten zahlreichen, durch Hämatoylin sich dunkel färbenden, gekörnten, sich dichotomisch teilenden feinen Fasern. Die Fig. 18 gibt ein solches junges Ei wieder, in dem man diese Protoplasmastruktur erkennt. In dem Kern sieht man neben dem feinkörnigen Chromatingerüst eine Anzahl von dunklen Kugeln, welche kaum etwas anders sein können, als der in kleinere Kugeln zerteilte Nucleolus.

In Fig 19 ist schliesslich die grössere Partie eines Medianschnittes von einem ausgereiften Ei wiedergegeben. In dem grossen Kern findet man die aus feinen Körnern zusammengesetzten Chromatinstränge und die grösseren dunklen Kugeln wieder; — diese letzteren machen auch hier den Eindruck von Nucleolen und dürften als Teile des eigentlichen Kernkörperchens betrachtet werden. In dem von der durch die Präparation geschrumpften gelatinösen Hülle, welche hier noch eine innere koncentrische Grenzlage zeigt, umgebenen Eikörper findet man eine balkige Differenzierung mit hellen Paramitomkanälen zwischen den Balken. Diese letzteren bestehen aus abgelagerten Deutoplasmakörnchen und sind von einem stark gekörnten, reichlichen Mitomfasergeflecht umsponnen. Es gibt aber hier noch eine Art von Bildungen, die eigentümlichen, dunkel gefärbten Kugeln, welche von verschiedener Grösse sind und hier und da einzeln in dem Protoplasma eingelagert sind. Sie ähneln in der Tat den Kugeln in dem Kernraum, obwohl diese etwas von der Eosinfarbe aufgenommen haben, was bei den Kugeln im Protoplasma nicht der Fall ist; sie ähneln aber auch auffallend der gewöhnlichen Nukleolarsubstanz. Bekanntlich hat man ja hin und wieder daran gedacht und sogar behauptet, dass sowohl die Chromatinsubstanz, als die Nucleolarsubstanz zum Teil sich löse und durch die Kernmembran hindurch in das eigentliche Protoplasma (Cytoplasma) des Eikörpers hinaustrete. Für ein Austreten der eigentlichen Chromatinsubstanz sind in den Malacobdellaeiern keine Andeutungen wahrnehmbar. Dagegen scheinen die erwähnten Kugeln im Protoplasma dieser Eier auf eine Herkunft aus dem Kern hinzuweisen. Indessen stimme ich mit Häcker darüber ganz überein, dass man äusserst vorsichtig sein muss, wenn man aus gleicher Farbeattraktion, besonders bei Hämatoxylinfärbung, Schlüsse auf Verwandtschaft oder gar Identität der Gewebsteile ziehen will. Wir Morphologen sind in dieser Hinsicht leider zuweilen zu rasch. Wir bedürfen gewiss für unsere mikroskopischen Objekte sicherer chemischer Reaktionsmittel, als wir bisjetzt besitzen. Ich will deshalb auch die hier vorliegende Frage meinesteils noch ganz offen und unbeantwortet lassen, komme aber noch einmal (bei der Behandlung der Molluskeneier) etwas auf dieselbe zurück.

In Betreff der Protoplasmastruktur der Eier von Malacobdella lässt sich aber sagen, dass ich von einer »wabigen» Struktur nichts gesehen, wohl aber eine mit derjenigen der Eier der Echiniden übereinstimmende Mitomstruktur gefunden habe.

## C. Der Bau der Eier bei den Mollusken.

Taf. XIII, Fig. 1—10.

Unter den Mollusken, deren Eier ich mit Bezug auf die vorliegenden Fragen untersuchte, fand ich ganz besonders die *Lamellibranchier* erläuternd. Die Struktur des Protoplasmas ihrer Eier zeigte sich sehr instruktiv. Dies fand ich bei mehreren Lamellibranchiern; ich werde aber für die folgende Darstellung die Eier von *Pecten maximus* (L.) und *Modiola modiolus* (L.) wählen.

Die ganz jungen Eier von *Pecten maximus* (Fig. 1 der Taf. XIII) haben einen grossen, kugligen Kern mit Kernkörperchen und spärlichen Chromatinkörner-Strängen, und einen relativ noch sehr kleinen Zellkörper mit scharf ausgeprägtem und kräftigem Mitomgeflecht im hellen Paramitom, in welchem auch einzelne rundliche, glänzende Kugeln zweifelhafter Natur (Fig. 2, 3, 4) eingelagert liegen. In den etwas grösseren jungen Eiern (Fig. 2, 3, 4) wachsen

sowohl der Kern als der Zellkörper; das Mitomgeflecht wird in dem vermehrten Paramitom reichlicher und lässt sich oft in schönster Weise in seinen einzelnen Fasern streckenweise verfolgen; man sieht die mit dunklen Körnchen besetzten Fasern hier und da sich dichotomisch verästeln und in verschiedenen Richtungen geflechtartig umeinander verlaufen, wie dies in den angeführten Figuren dargestellt worden ist; einzelne kuglige Körper der eben erwähnten Art finden sich im Paramitom eingelagert. In noch grösseren jungen Eiern (Fig 5 und 6) sind sowohl Kern als Eikörper weiter gewachsen und von demselben Bau; das Mitomgeflecht ist immer vermehrt. Besonders interessante Verhältnisse bietet der Nucleolus dar. Der sich in den jüngsten Eiern (Fig. 1—4) mit Hämatoxylin grünlich färbende Nucleolus zeigt in den danach folgenden Stadien (Fig. 5) zwar noch eine grünliche Partie, aber dann noch einen eigentümlichen Auswuchs, welcher nicht grünlich (oder schwarz), sondern durch das Eosin rötlich gefärbt wird und in den noch älteren Stadien (Fig. 6) immer grösser wird und eine netzartig körnige Struktur zeigt. In noch älteren Stadien schwindet die frühere grünliche Partie, und die gleichsam aus ihr sich ausbildende, grosse, rötlich gefärbte bleibt allein zurück.

Einzelne von diesen Eiern sind noch in ziemlich vorgeschrittenen Stadien mit schmäleren oder breiteren Füssen an den Wandungen befestigt. Ein solches Ei ist in der Fig. 7 der Taf. XIII wiedergegeben; in dem durch Eosin rötlich gefärbten Fusse, dessen Substanz mit dem übrigen Paramitom des Eies innig zusammenhängt, sieht man vereinzelte Mitomstränge von dem dichten Mitomgeflecht des Eikörpers in den Fuss hinabsteigen, wodurch dieselben in schön isoliertem Zustande ausserordentlich leicht zu verfolgen sind. In dem grossen Kern dieses Eies erkennt man einen kugligen Nucleolus von undeutlich netzförmig-körnigem Bau; er hat sich mit Eosin rötlich gefärbt und entspricht offenbar dem in etwas früheren Stadien ausgebildeten Körper, wogegen der frühere, grünlich gefärbte Nucleolus nunmehr verschwunden ist.

Von den danach folgenden, sich anreifenden Stadien der Eier von Pecten kann ich leider keine Darstellung geben, weil das mir zugängliche Material keine solchen Stadien darbot. Die hier beschriebenen jüngeren Stadien geben aber eine über die Protoplasma-Struktur dieser Eier in hohem Grade erläuternde Erklärung. In prägnanter Weise tritt hier im hellen, scheinbar ganz unstrukturierten Paramitom das scharf ausgeprägte Mitomgeflecht hervor.

Dasselbe Ergebnis erhält man auch vom Studium der jüngeren Eier von *Modiola modiolus*. Die Fig. 8 der Taf. XIII stellt ein noch ziemlich junges Ei von diesem Tier dar. Im eigentlichen Eikörper erkennt man auch hier ein Mitomgeflecht, welches ausserordentlich scharf und deutlich verfolgbar ist. Man sieht die einzelnen mit Körnern besetzten Fasern streckenweise ganz ungeteilt verlaufen, um sich dann dichotomisch zu teilen. Ein Reticulum, eine netzartige Beschaffenheit des Mitoms ist nicht nachzuweisen, noch weniger eine »wabige» Struktur in dem Protoplasma dieser Eier. Im Kerne bemerkt man einen Nucleolus, in welchem helle Alveolen wahrnehmbar sind, und ringsum ihn findet sich eine abstehende Hülle, die sich mit Eosin rotfärbt, ungefähr wie das feine, helle Netzwerk im Kernraum. Die Chromosomen-Stränge enthalten eigentümliche, blasige Auftreibungen. In Fig. 8 *a* ist aus einem anderen Kern ein Nucleolus, an welchem sich eine gleiche Hülle, ebenfalls im optischen Durchschnitt, findet, abgebildet worden; und in Fig. 8 *b* aus einem dritten Kern die geöffnete Hülle mit dem aus ihr ausgetriebenen Nucleolus.

In einem späteren Stadium (Fig. 9) werden die Dotterkörner allmählich abgelagert. Man findet dann zwischen den Fasern des Mitomgeflechtes mehr oder weniger zahlreiche Kügelchen von etwas verschiedener Grösse, welche sich mit Eosin rot färben. In dem Kernraum sind unter den Chromosomen-Strängen ziemlich zahlreiche frei liegende Kugeln vorhanden, welche den in Fig. 8 erwähnten, den Chromosomen-Strängen angehängten zu entsprechen scheinen.

Schliesslich ist in Fig. 10 die Hälfte eines Medianschnittes von einem beinahe reifen Ei von Modiola wiedergegeben. Hier ist die Dottersubstanz grösstenteils im Eie gebildet und in gewundenen Balken oder Strängen abgelagert, welche reichlich von gekörnten Fasern eines Mitomgeflechtes umsponnen sind. Zwischen diesen Deutoplasmabalken erkennt man die hellen Räume des Paramitoms, aber ausserdem sind noch einige ziemlich grosse dunkle Kugeln vorhanden, welche an Nukleolarsubstanz erinnern und den oben erwähnten Kugeln im Eiprotoplasma der Malacobdella ähnlich sind. Wenn man nun den in Fig. 10 wiedergegebenen Kernabschnitt betrachtet, so findet man in ihm an den Chromosomen-Strängen angeheftete Kugeln der in Fig. 8 und 9 abgebildeten Art und ausserdem einen grossen Nucleolus, in welchem ein Zerfall in kleine Kugeln oder Blasen eingetreten ist. Man kan nicht umhin, einen Zusammenhang zwischen diesem körnigen oder kugligen Zerfall, welcher in den meisten Nukleolen der betreffenden Präparate vorhanden ist, und den im Kernraum und im Protoplasma des

Eikörpers vorfindlichen Kugeln anzunehmen. Aber, wie ich schon bei der Besprechung der ähnlichen Gebilde in den Eiern von Malacobdella betonte, ich will meinesteils dies nur mit grosser Vorsicht berühren und hervorheben, obwohl ich weiss, dass andere Autoren schon längst diesem Zusammenhang huldigen. Diese wichtigen Fragen lassen sich leider nicht sicher nur durch die morphologischen Hinweise entscheiden; hier hat die Mikrochemie die Beweise zu verschaffen. Was mir am meisten gegen die fragliche Deutung zu sprechen scheint, ist die Tatsache, dass man diese Befunde bisher nur in der Eientwicklung *vereinzelter* Tierarten, nicht als eine allgemein geltende Regel, nachweisen konnte.

## 8. Der Eibau bei den Wirbeltieren.

Taf. XIII, Fig. 11—15.

Es liegt jedenfalls nicht in dem Plane dieser Arbeit, eine Zusammenfassung der Angaben und Meinungen der verschiedenen Autoren hinsichtlich des Baues der Eier bei den Wirbeltieren zu geben. Dies würde zu weit führen und einen gar zu grossen Platz hier beanspruchen. Mir liegt ja diesmal nur ob, die Protoplasmastruktur in den Eiern eines höheren Tieres zu besprechen, um einen Vergleich derselben mit denen der Echiniden und einiger anderer niederer Tiere anzustellen. Deswegen will ich hier nur einige hierauf bezügliche, prägnantere Äusserungen der Autoren, welche dieses Problem zum speziellen Studium gewählt haben, anführen.

Ich selbst habe diesmal das Ei des *Kaninchens* berücksichtigt, weshalb ich auch v. a. die Angaben der Forscher anführen will, welche besonders diese Eier untersucht und besprochen haben.

Im Jahre 1880 beschrieb Schäfer [1]) den Bau von unreifen Eiern des *Kaninchens* und des *Huhns*. In den kleinen Ovarialeiern von beiden fand er in dem Dotter ein verhältnismässig offenes Netzwerk anastomosierender Fäserchen, welche, in der Umgebung des Kerns und an der Peripherie des Dotters dichter wird. In grösseren Eiern sieht man kein Netzwerk mehr, sondern eine allgemein körnige Beschaffenheit. »In maturing ova the vitelline granules are chiefly collected immediately in contact with the inner surface of the zona pellucida, but are also distributed throughout the whole vitellus, disposed, it has sometimes appeared to me, in closely anastomosing tracts, leaving clear intervals between.»

In seinem Atlas of Histology of 1880 äusserte Klein [2]): »In sections through the hardened ovary of the *rabbit, dog, cat, guinea pig*, the protoplasma contains a more or less distinct reticulum of fine fibrils».

Es möchte hier auch bemerkt werden, dass E. Van Beneden [3]) in seiner Arbeit über die Ovarien der Vespertilionen vom Jahre 1880 im Eikörper drei Zonen unterscheidet, nämlich eine Rindenpartie, eine klare und homogene centrale Masse und zwischen beiden eine hellere Substanzpartie, welche gröbere Dotterkörner enthält und in der man an Reagenzpräparaten eine sehr deutliche retikulierte Struktur wahrnimmt; er lässt es indessen unentschieden, ob sie ein Reagenzprodukt oder natürlich präformiert ist, denn am frischen, lebenden Ei sieht man davon keine Spur.

Vom Bau des *Kanincheneies* gab im J. 1882 Flemming [4]) eine nähere Darstellung, und zwar besonders des mittelreifen Eies. An Schnitten von frischen Eiern sah er den Zellkörper »durchzogen von geknickt und wellig verlaufenden Fäden, die allerdings selbst so blass sind, dass sie sich am *frischen* Object kaum sicherstellen lassen». Die Anordnung der Fäden lässt *keine* Regelmässigkeit erkennen; deshalb will Flemming die Struktur hier nicht, wie es Klein dem Eiprotoplasma zuschreibt, »ein Netzwerk von feinen Fibrillen» nennen. Es finden sich gewöhnlich einzelne Fadenzüge, die in ziemlich gerader und ungefähr radiärer Richtung vom Kern ausgeben, aber es sind dies immer wenige; die meisten beschreiben sehr verschlungene und geknickte Touren; Gabelungen der Fäden und wieder Verbindungen kommen vor, ihre Feststellung ist aber recht schwer, da sie auch Kreuzungen der Fäden darstellen können. Durch *Reagentien* kann nun diese Struktur fast unverändert fixiert werden, und zwar am besten durch Osmiumsäure und chromsaures Kali. Flemming betont, dass kein Zweifel besteht, dass Schäfer (1880) an Pikrinpräparaten dieselben Strukturen des Eikörpers vor sich gehabt hat.

---

[1]) E. A. Schäfer, *On the Structure of the immature Ovarian Ovum in the common Fowl and in the Rabbit.* Proceedings of the Royal Society, Vol. XXX, 1880 p. 237.

[2]) E. Klein, *Atlas of Histology,* 1881, p. 289.

[3]) E. von Beneden, *Contribution à la connaissance de l'ovaire der mannifères.* Arch. de Biologie Vol. I. 1880.

[4]) W. Flemming, *Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung,* 1882, S. 32.

Flemming [1]) veröffentlichte ferner im Jahre 1899 eine besondere, kurzgefasste Darstellung über die Struktur des Ovarialeies beim *Kaninchen,* und zwar sowohl im frischen, unfixierten Zustande, vom eben getöteten Tiere, wobei er möglichst dünne Schnitte in Lymphe oder Humor aqueus untersuchte, als auch von in Chromosmium-essigsäure gehärtetem und gefärbtem Material, von dem er Mikrotomschnitte von 2—5 μ studierte. Schon in den frisch untersuchten Eiern sah er in der Zellsubstanz den fädigen Bau, den er schon im J. 1882 beschrieben hatte: »Fädige Gebilde, welche wie Reihen von Körnchen aussehen, durchziehen überall in gewundenen Touren den Zellenleib.» An gut fixierten und scharf gefärbten Präparaten vermochte er nun aufs deutlichste zu sehen, »dass wirkliche netzförmige Verbindungen der Teile existieren, doch immer bei gewundenem Verlauf derselben»; ferner, »dass die Dotterkörnchen immer dem Verlauf der Fäden angelagert oder eingelagert liegen, die kleineren geradezu Anschwellungen derselben bildend, die grösseren allerdings hier und da aus ihnen herausgerückt. Man bekommt aber durchweg den Eindruck, dass die Körnchen in den Fäden entstehen, wenn sie auch schliesslich, grösser geworden, aus ihnen herausrücken». Die Interfilarmasse zeigte sich in diesen seinen neueren Präparaten nicht gekörnt, »denn an ihnen sehen die Räume zwischen den Fäden völlig blass und leer aus». Von den von Alfred Fischer als durch Reagenzien hervorgerufenen fadigen Gebilden sind nach Flemming's Untersuchungen die von ihm im Zellprotoplasma der Eier dargestellten Fäden ganz verschieden, und diese sind ja schon im lebenden Gewebe im Mikroskope nachzuweisen; sie können also unmöglich Niederschläge in einer homogenen Protoplasmamasse oder -flüssigkeit sein.

In seiner grossen zusammenfassenden Revue über unsere Kenntnisse der Geschlechtszellen äussert Waldeyer [2]): »Der Eileib ist . . . bei den jüngsten als solche erkennbaren Eiern, den Ureiern, ein echtes, reines Zellprotoplasma und von dem Protoplasmaleibe anderer Zellen mit unseren jetzigen Hilfsmitteln nicht zu unterscheiden. Bei denjenigen Eiern, welche wenig Dotter ausbilden und aufspeichern, behält er diese Beschaffenheit im grossen und ganzen bei.» »Eine einschneidende Aenderung erfährt das Ooplasma durch die Aufnahme grösserer Dottermassen . . . Es ist klar, dass infolge dieser Einlagerung das ursprüngliche Protoplasma eine netzförmige, oder wabenförmige Anordnung erhalten wird, die je nach Zahl, Grösse und Verteilung der Dotterelemente verschieden ist.» Von nicht geringem Interesse ist, sagt Waldeyer, der von Benda gelieferte Nachweis, dass die Mitochondria auch in den Eizellen reichlich vertreten ist. »Von weiteren Strukturen im Ooplasma sind noch die von W. Flemming nachgewiesenen Fäden zu erwähnen. Sie gehören dem Protoplasma an, sind, wie das E. Klein in seinem Atlas der Histologie für das Eiprotoplasma schon angegeben hatte, netzförmig untereinander verbunden, und es liegen in diesen Fäden, dem Mitom des Ooplasmas, ursprünglich die Dotterkörner, wenn sie zuerst entstehen. Später, wenn sie grösser werden, rücken sie aus den Fäden heraus und füllen deren interfilare Maschen. Somit kommt dem Eiprotoplasma dieselbe elementare Struktur zu, wie sie, insbesondere von Flemming, auch für andere Zellen nachgewiesen worden war. Das Netzwerk im Dotter mit seinen knotenförmigen Verdickungen, die von Edw. A. Schaefer als 'Pseudonuclei' beschrieben worden sind, ist wiederholt untersucht worden, neuerdings noch von Kohlbrugge, der die jüngsten Dotterelemente gleichfalls innerhalb der Netzfäden sich heranbilden sieht».

In seiner Bearbeitung von Kölliker's [3]) Handbuch der Gewebelehre des Menschen vom Jahre 1902 führte von Ebner v. a. die Angaben Flemming's an, fügte aber folgendes hinzu: »Trotz der Richtigkeit der thatsächlichen Angaben des berühmten Forschers, kann man doch daran zweifeln, ob die im lebenden Ei sichtbare Fadenstruktur von prinzipieller Bedeutung ist, oder ob die aus aneinandergereihten Körnchen bestehenden Fäden nicht nebensächlichen Umständen ihr Dasein verdanken. Eine besondere Fadensubstanz, welche die Körnchen in sich enthält, wie das Linin die Chromatinkörner eines Kernfadens, scheint mir nicht mit Sicherheit nachgewiesen und man könnte sich auch vorstellen, dass die Körnchen sich durch gegenseitige Anziehung in Fäden ordnen, analog wie rothe Blutkörperchen bei der sogenannten Geldrollenbildung. Dann wären nicht die Fäden, sondern feinste Körnchen das Primäre und das Hinausrücken grösserer Körner aus den Reihen würde sich als Folge ihrer Volumszunahme erklären. Eine richtige Erkenntniss der Eistruktur als Typus des nicht differenzierten Protoplasma wäre von prinzipieller Bedeutung. Nach den neuesten Untersuchungen E. Wilson's — vorzüglich an Echinodermeneiern — müsste man sich vorstellen, dass die scheinbare Netzstruktur bedingt ist durch grössere nicht färbbare Dottertropfen, die in einer zusammenhängenden, an sich optisch homogenen Grundmasse liegen, welche letztere

---

[1]) W. Flemming, *Zur Kenntnis des Ovarialeies.* Festschrift zum siebenzigsten Geburtstag von Carl von Kupffer. Jena 1899.

[2]) W. Waldeyer, *Die Geschlechtszellen.* Handbuch der vergleich. und experiment. Entwickelungsgeschichte der Wirbeltiere, herausgeg. von Oscar Hertwig. 1901—03.

[3]) A. Koelliker's *Handbuch der Gewebelehre des Menschen.* 6. umgearb. Aufl., Dritter Band von Victor v. Ebner, 1902.

zahlreiche feine Körnchen (Mikrosomen) enthält. Diese durch sorgfältige Untersuchungen begründete Vorstellung nimmt eine Mittelstellung zwischen dem von Flemming angenommenen filaren und dem von Bütschli vertheidigten wabigen Bau des Protoplasma ein und scheint mir auch für die bei Säugethiereiern zu beobachtenden Strukturverhältnisse zulässig».

Weil ich nicht beabsichtige, in diesem Abschnitt auf die Frage von der Protoplasmastruktur im allgemeinen einzugehen, sondern nur einige der wichtigeren Arbeiten und Angaben über den Bau der Eier der höheren Tiere berühren will, kann ich hier nicht die Äusserungen mancher anderer hervorragender Histologen und Biologen über die Protoplasmastruktur anführen.

Ich werde deshalb nur die neuste Arbeit von O. van der Stricht [1]) und die in derselben hinsichtlich der vorliegenden Frage gemachten Angaben kurz referieren. Seine Untersuchungen betrafen zwar nicht das Ei des Kaninchens, sondern dasjenige der *Vespertilionen* (Vesperugo noctula); in der Hauptsache liegen aber hier sehr ähnliche Verhältnisse vor. Der Eikörper zeigt nach ihm während der verschiedenen Stadien der Anreifung, der Befruchtung und der danach folgenden Entwicklung mehrere Veränderungen seines Baues. Während der letzten Stadien des Eiwachstums (Sept.—Oct.) »les oeufs des follicules ovariques destinés a subir la déhiscence renferment des formations mitochondriales très volumineuses, des amas et des boyaux vitellogènes multiples, arrondis, ovalairis ou allongés, siégeant surtout au niveau d'une zone périphérique, mitochondriale, à chondriomites très serrés, entourant une couche centrale de vitellus à structure pseudo-alvéolaire, où les vésicules deutoplasmiques sont très nombreuses et où les mitochondries sont beaucoup plus rares . . . Les formations mitochondriales grossières se désagrègent en boyaux et travées plus minces envahissant graduellement la zone vitelline centrale. L'ooplasme gagne de cette manière une structure plus régulière, plus uniforme, où les mitochondries sont réparties dans toute létendue du vitellus . . . Aux mois de décembre et de janvier elles sont totalement disparues. Il n'existe plus de couche mitochondriale corticale. Les vésicules claires ont augmenté en volume et en nombre, et la charpente interalvéolaire est épaissie notablement et parsemée régulièrement de chondriomites . . . Aux mois de février et de mars, la disposition des mitochondries change à nouveau. Elles ont une tendance à se grouper par îlots ou par amas au sein du substratum interalvéolaire épaissi. Elles augmentent en volume, se montrent vésiculeuses ou annulaires et engendrent des chondoiomites annulaires formés de petits anneaux sériés. Elles donnent naissance graduellement à une nouvelle couche corticale, mitochondriale definitive, la couche vitelline plastique. Celleci enveloppe la zone deutoplasmique centrale, dont les vaeuoles sont devenues très volumineuses. L'oeuf atteint à peu près son plus grand diamètre». Als dann die erste Reifungsspindel auftritt, »le vitellus est formé d'une couche corticale plastique, mitochondriale, epaissie au pourtour du fuseau de direction (pôle animal) et d'une zone deutoplasmique centrale où les mitochondries sont d'abord tassées, accumulées par groupes dans la charpente interalvéolaire épaissie; plus tard elles sont réparties plus régulièrement; le deutoplasme central est formé de vacuoles claires, de mitochondries et de quelques boules graisseuses».

Die hier gemachten Anführungen sind die für meinen Gegenstand wichtigsten Stellen des Werkes.

Ich füge ausserdem nur hinzu, dass Benda schon im Jahre 1899 in einer seiner Mitteilungen über die Mitochondrien das Vorkommen solcher Gebilde in Eizellen hervorgehoben hat: »Ich schliesse», sagt er, »hier die Bemerkung an, dass auch die einzigen bisher von mir untersuchten *Eizellen*, die der Zwitterdrüsen der Pulmonaten, äusserst reich an Fadenkörnern sind.» In dem hier eben angeführten Werke Waldeyer's »Die Geschlechtszellen» ist diese Frage, mit Hinzufügung einiger Abbildungen von Präparaten Benda's von Eiern des *Triton* und *Mus*, etwas näher berührt.

---

Was nun *meine eigenen Befunde* hinsichtlich der *Struktur des Eikörpers bei dem Kaninchen* betrifft, so habe ich diese Struktur an den Ovarialeiern in verschiedenen Stadien ihrer Entwicklung untersucht. In jungen Stadien, wie in dem in Fig. 11 der Taf. XIII abgebildeten Ei, sieht man ringsum den in der Mitte desselben gelegenen kugligen Kern, in dem die oval gestalteten Chromosomen eine starke Gruppe bilden, im Eikörper eine Anzahl

---

[1]) O. van der Stricht, *La structure de l'œuf des mammifères.* (*Chauve-souris, Vesperugo noctula*). 3 Partie, 1909.

vom Kern nach der Peripherie ausstrahlender, mit dunkleren Körnern besetzter, teilweise verästelter Fadenstränge, zwischen denen sich grosse, helle Paramitomräume finden. Diese Fäden, welche offenbar Mitomstränge bilden, sind jedenfalls nicht so scharf und prägnant, als die hier oben von mir in den Eiern der Echiniden und anderer Wirbellosen eingehend beschriebenen und abgebildeten Mitomgeflechte. Bei der Untersuchung solcher Eier kann ein kritisch und skeptisch veranlagter Forscher wirklich zweifelhaft werden, ob das in den Präparaten sich zeigende Fasersystem in der Tat natürlich und nicht durch die Reagenzien hervorgerufen ist; jedenfalls kann man sich denken, dass die vorhandenen Paramitomräume durch die Fixation und Einbettung vergrössert worden sind. Nach eingehender Untersuchung einer grösseren Anzahl von solchen Präparaten kommt man schliesslich zu der Anschauung, dass der scharfsichtige Histologe Walter Flemming doch zur richtigen Auffassung des Gegenstandes gelangt sei, und dass auch in diesen Eiern ein wirkliches Mitomfasersystem vorhanden ist, in dessen mehr oder weniger weiten Maschen die (wenigstens scheinbar) unstrukturierte Paramitomsubstanz liegt. Die Mitomfasern sind aber hier nicht so gut differenziert wie in den Eiern der oben besprochenen Wirbellosen, sondern treten als helle, weniger scharf begrenzte Bildungen hervor, welche sich hier und da, bald spärlich, bald reichlich verästeln und mehr oder weniger zahlreiche, sich mit Hämatoxylin (nach Heidenhain) dunkel färbende Körnchen enthalten.

In den in der Entwicklung weiter gelangten Eiern trifft man nun denselben Bau des Protoplasmas, wie die Fig. 12 veranschaulicht, aber hier treten noch einige Bildungen hinzu, welche nicht ohne Bedeutung zu sein scheinen. Es sind dies einzelne dickere Stränge oder Balken, welche im reichlichen Mitomgeflecht aufgehängt liegen. In Fig. 12 sieht man mehrere solche etwas gewundene Balken, die durch den Mikrotommesser an den Enden abgeschnitten wurden und deshalb im Präparate nur in Stücken vorlagen. Sie ähneln in hohem Grade den in den Eiern der Echiniden so zahlreich vorhandenen Deutoplasmabalken. Mit Eosin färben sie sich auch beim Kaninchen rötlich, aber jedenfalls nicht so scharf und prägnant wie bei den Echiniden und anderen Wirbellosen. In höher entwickelten Kanincheneiern nimmt die Anzahl dieser im Mitomgeflecht aufgehängten gewundenen Balken merkbar immer mehr zu, obwohl sie keineswegs so zahlreich wie in den Eiern der erwähnten Wirbellosen werden. Die Fig. 14 gibt ein sehr anschauliches Bild von einem solchen weiter entwickelten Ei mit seinem Mitomgeflecht, in welchem die Balkenstücke und die dunkel gefärbten Körnchen gut sichtbar sind. Besonders schwierig ist es nun zu entscheiden, ob in diesem Mitom eine nur geflechtartige oder in der Tat eine netzartige Anordnung der Maschen vorhanden ist. Ich kann wohl verstehen, dass schon der so berühmlich vorsichtige und kritische Flemming vor dieser Entscheidung stehen blieb, aber doch schliesslich eine netzförmige Struktur annahm. In vielen Fällen sieht es wirklich so aus, als ob hier ein Netz im Sinne Frommann-Heitzmann-Klein's vorliege, in anderen Fällen erkennt man deutlich, dass nur ein verästeltes Fasergeflecht vorhanden ist. Die Fig. 13 und 14 geben Beispiele wieder, wo eine netzartige Beschaffenheit schwer auszuschliessen ist. Indessen muss man doch bedenken, wie schwierig es in solchen Fällen sein muss, zu entscheiden, ob die einander kreuzenden Fäserchen miteinander direkt zusammenhängen oder nicht. In Fig. 15 habe ich die centrale Partie eines Eies abgebildet, in dem um den Kern herum einzelne nur verzweigte, nicht miteinander zusammenhängende Mitompartien zu sehen sind; solche Strukturpartien kommen hier oft vor. Für das Kaninchenei will ich also diese Frage noch offen lassen. Vielleicht kommen hier beide diese Strukturverhältnisse vor.

## 9. Rückblick auf die Ergebnisse der obigen Untersuchungen über den feineren Bau der Eier.

Nach dieser Darstellung des Eibaues bei den Echiniden und einigen anderen niedrigen und höheren Tieren gilt es nun noch, die dabei gewonnenen wichtigeren Ergebnisse kurz zusammenzustellen, und ich will dies in Verbindung mit einigen Reflexionen, die sich hierauf beziehen, folgendermassen versuchen:

1. In den *jungen*, im frischen, lebenden Zustande untersuchten Eiern der *Echiniden* vermag man, auch bei starker Vergrösserung, keine deutliche Struktur wahrzunehmen. Nach guter Fixierung (Sublimatessigsäure, Zenker'sche Mischung, Pikrinessigsäure) erkennt man in ihnen, wie Flemming dies schon im J. 1882 angegeben hat, einen fadigen Bau des Protoplasmas, wobei er hinzufügte, dass die Fäden grösstenteils wie aus Körnerreihen zusammen-

gesetzt zu sein schienen, ob aber »ein netzförmiger Zusammenhang unter ihnen besteht», blieb ihm durchaus unentscheidbar. Nach meinen Untersuchungen ist dieser fadige oder faserige Bau offenbar; die Fasern bestehen aus einer Grundsubstanz, welche sich zwar mit Eisenalaun-Hämatoxylin nach HEIDENHAIN dunkel färbt, nach geeigneter Differenzierung aber mehr oder weniger erhellt wird und, teils in ihrer Substanz, teils an derselben innig angehängt, zahlreiche Körnchen von im ganzen gleicher, zuweilen jedoch etwas verschiedener Grösse enthält, welche die dunkle Hämatoxylinfarbe kräftiger behalten als die Fasern selbst. Einen *netzförmigen* Zusammenhang dieser Fasern vermochte ich in den besten, deutlichsten Präparaten nie darzulegen, wohl aber hier und da in ihrem Verlaufe einzelne dichotomische Verästelungen. Diese Fasern ziehen indessen zuweilen ziemlich gerade, so dass man ihren Verlauf stückweise gut verfolgen kann; in der Regel schlingen sie sich mehr oder weniger in gewundenen Biegungen umeinander; sie lassen sich aber oft durch Heben und Senken des Tubus in diesem gewundenen Verlauf perspektivisch eine Strecke verfolgen. Dass dies möglich ist, hängt davon ab, dass sie in eine helle, strukturlos erscheinende Zwischensubstanz eingebettet sind; bisweilen liegen sie zwar in derselben so dicht, dass die Verfolgung sehr schwierig ist oder nicht gelingt; in solchen Fällen kann eine netzförmige Anordnung stark vorgetäuscht werden; in anderen Fällen, und zwar sowohl in anderen Eiern als in anderen Partien desselben Eis, liegen die Fäden voneinander so gut getrennt, dass man sie in ihrem Verlaufe streckenweise sicher verfolgen und an ihnen eine netzförmige Anordnung sicher ausschliessen kann.

Für diese Fasern habe ich die von FLEMMING schon längst gegebene Bezeichnung *Mitom* (oder *Filarsubstanz*) beibehalten. Und ebenso behalte ich für die helle Zwischensubstanz seine Bezeichnung *Paramitom* (oder *Interfilarsubstanz*).

Was die sich besonders dunkel färbenden *Körnchen* betrifft, so finde ich es am richtigsten, die ihnen bei anderen Eiarten schon längst von EDOUARD VAN BENEDEN gegebene und dann auch von anderen Autoren gebrauchte Benennung *Mikrosomen* beizubehalten. [1])

Was nun die *Körnchen* betrifft, so scheint man in letzter Zeit im Eikörper wie in dem Protoplasma anderer Zellarten immer mehr geneigt zu sein, diese Bildungen als »*Mitochondrien*», »*Chondriosomen*», »*Chondriomiten*», »*Chondriokonten*» u. s. w. zu bezeichnen, indem man ursprünglich unter diesen Benennungen ganz besondere Arten von Körnchen verstanden hat. Meiner Ansicht nach führt man mit allen diesen Namen die Wissenschaft nicht weiter, sondern vielmehr ins Unklare und auf Umwege. Ursprünglich nannte bekanntlich BENDA eine als spezifisch betrachtete Art von Körnchen *in den männlichen Geschlechtsszellen* »Mitochondrien», und er suchte sie in der Entwicklung dieser Zellen bis in die fertigen Stadien, die Spermiden und Spermien, zu verfolgen, wo sie den schon längst von v. BRUNN entdeckten Körnern entsprechen sollen, welche als Spiralfaser u. s. w. die Mantelschicht des Verbindungsstückes bilden. Diese Mitochondrien werden ja teils mittelst einer von BENDA erfundenen Färbungsmethode, teils aber auch mit der HEIDENHAIN'schen Hämatoxylinmethode intensiv gefärbt. Nachher fand man aber, dass durch diese Methoden im Protoplasma einer grossen Zahl anderer Zellarten feine Körner gefärbt werden können, und so glaubte man in denselben auch »Mitochondrien» derselben Natur gefunden zu haben. Die Spezifizität der Körner in den männlichen Geschlechtszellen wurde hierdurch hinfällig. Man suchte aber ein Überführen dieser Körner bei der Befruchtung in das Ei und in die Gewebe des Embryos zu beweisen. Schliesslich scheint man dahin zu kommen, alle sich in dem Protoplasma der noch wenig differenzierten Gewebezellen der Organismen mittelst der genannten Methoden sich färbenden Körnchen als »Mitochondrien» (Chondriosomen, Plastosomen u. s. w.) aufzufassen und zu bezeichnen. Und zuletzt hat MEVES [2]) dargetan, dass diese Körnchen und Körnchenfäden schon von ALTMANN und FLEMMING gesehen und von diesen Forschern beschrieben waren. »In einer früheren Arbeit (1907)», schreibt MEVES, »habe ich gezeigt, dass die Fila, welche FLEMMING 1882 in der Zellsubstanz *lebender* Salamanderzellen beobachtet hat, durch die Chondriosomenmethoden darstellbar und mit Chondriokonten identisch sind. Da nun aber an Stelle der Chondriokonten auch Körner, Mitochondrien, vorhanden sein können, so ergab sich daraus, 'dass es sich bei dem Fadenbau der Zellsubstanz nicht um ein allgemeines Prinzip handelt',

---

[1]) Aus FLEMMING's kurzgefasster Darstellung scheint es, als ob er die Fäden »wie aus Körnerreihen zusammengesetzt» angesehen habe, wobei er das Vorhandensein der anderen verbindenden hellen Substanz nicht betonte; aus seiner Abbildung (Fig. 18 der Taf. I, Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung) von dem Echinusei (»Jüngeres Eierstocksei» von Toxopneustes lividus) kann man hierüber keine Erläuterung bekommen, denn an ihr sieht man im Protoplasma nur kurze radiäre Strichelchen, welche schematisch, nicht der Natur entsprechend, angeordnet sind. In der Tafelerklärung sagt er aber: »die Strichelchen sind als *Reihen feiner Körnchen* zu denken». Offenbar muss er nun auch eine diese Körnchen verbindende Substanz angenommen haben, so dass er gewissermassen auch die andere Substanz, d. h. die eigentlichen Fasern, als vorhanden angenommen haben muss, obwohl er sie nicht besonders erwähnt hat.

[2]) FR. MEVES, *Zur Einigung zwischen Faden- und Granulalehre des Protoplasma.* Beobachtungen an weissen Blutzellen. Archiv. f. mikrosk. Anat. u. Entwickel.-geschichte, Bd 75. 1910.

dass die Anordnung in Fäden durchaus nicht (WALDEYER 1895, S. 847) 'das Wesen der Struktur' bildet.» »Ich hatte weiter (1908)», äussert MEVES, »die Meinung ausgesprochen, dass die Mitochondrien und Chondriokonten den 'Körnern und Fäden' ALTMANNS entsprechen und hatte daraufhin bereits die ALTMANN'schen Methoden zur Darstellung der Chondriosomen empfohlen». Und ferner: »Nach der Meinung, die ich... ausgesprochen habe, müssen nun die von BENDA und mir in weissen Blutzellen dargestellten Chondriosomen und die ALTMANN-SCHRIDDE'schen Granula der Lymphocyten sowohl untereinander als auch mit den von FLEMMING an lebenden Wanderzellen beobachteten Fäden ihrer substantiellen Beschaffenheit nach identisch sein.» »Meine Vermutung, dass die Mitochondrien und Chondriokonten mit den Körnern und Fäden ALTMANNS identisch sind, findet also auch durch die Untersuchung der Leucocyten völlige Bestätigung.» »Durch die vorstehenden Untersuchungen von SAMSSONOW und *mir* ist sichergestellt, dass die FLEMMING'schen Fila von 1882, die 'Bioblasten' ALTMANNS und die Chondriosomen eine und dieselbe Substanz sind, welche bald in Form von Körnern, bald in derjenigen von Fäden auftritt.» MEVES schlägt noch den Namen »*Plastosomen*» vor: »Kürzlich habe ich vorgeschlagen, der Bedeutung der Chondriosomen durch die Bezeichnung Plastosomen gerecht zu werden; für ihre Differenzierungsprodukte möchte ich empfehlen», fügt er hinzu, »die von v. KUPFFER (1896) gebrauchten Ausdrücke paraplastische Substanz, paraplastische Gebilde oder Paraplasten in Anwendung zu bringen». FLEMMING war der Ansicht, dass seine Fäden und Körner, ALTMANN seinerseits, dass seine Granula in sämtlichen Zellen vorhanden seien. »Ich meine dagegen», sagt MEVES, »dass die Chondriosomen nicht Bestandteile einer jeden, wohl aber jeder undifferenzierten Zelle sind. Im entwickelten Organismus gibt es sicher Zellen, deren Chondriosomen zu paraplastischen Bildungen völlig aufgebraucht sind.»

Ich habe hier diese Äusserungen des hochverdienten Histologen so in extenso angeführt, weil dieselben auch die oben in dem Protoplasma der Echinuseier beschriebenen Gebilde innig berühren. Wie aus der Darstellung von MEVES aufs deutlichste hervorgeht, sind alle diese unter den Bezeichnungen »Mitochondrien», »Chondriomiten», »Chondriokonten», »Chondriosomen», »Plastosomen» aufzuführenden Körnchen und Fäden schon alte bekannte Gebilde und entsprechen den *Fäden* und *Körnchen des Mitoms* von FLEMMING. Alle diese neuen Namen sind also ganz überflüssig und verwirren meiner Ansicht nach nur die Darstellungen.

Man ist, wie schon hervorgehoben wurde, auf einem weiten Umweg über die männlichen Geschlechtszellen und ihre lange als spezifisch betrachteten »Mitochondrien» zu einer Generalisierung dieses Begriffes gelangt, hat aber dann schliesslich gefunden, dass die als Mitochondrien u. s. w. bezeichneten Substanzteile schon lange vorher von FLEMMING, ALTMANN u. a. beschrieben und benannt waren. Man hat also hier zu den früheren Begriffen und Bezeichnungen zurückzukehren und die neuen, zuerst für andere spezielle Begriffe aufgestellten Namen fallen zu lassen. Wenn man für die *Fäden* und *Körner* des FLEMMING'schen *Mitoms* spezielle Benennungen zu haben wünscht, lassen sie sich am besten als *Protoplasmafäden* und *Protoplasmakörner* (resp. Cytoplasmafäden und Cytoplasmakörner, für die, welche lieber das Wort Cytoplasma benutzen) bezeichnen. Man könnte auch die Namen verkürzen und nur *Plasmafäden* und *Plasmakörner* sagen. Will man bis auf weiteres auch die Bezeichnung »Paraplasten» anwenden um dadurch die spezifisch *differenzierten* Fäden und Körner von den undifferenzierten zu unterscheiden, so kann ja dies rationell sein.

Eine andere Sache, die ich in Übereinstimmung mit mehreren anderen Autoren ganz bestimmt betonen will, ist die, dass die Wissenschaft sich in Acht nehmen muss, alles, was sich in den Zellen mittelst derselben Methode färbt, für *identisch* zu betrachten. Mittelst der übrigens so vortrefflichen HEIDENHAIN'schen Hämatoxylinmethode färben sich in den Zellen gewiss verschiedene Elemente. Von der eigentlichen Natur der vielen Körner in den Zellenkörpern wissen wir leider noch gar zu wenig. Die Mikrochemie, von welcher wir in der Zukunft so viel erwarten, wird wohl allmählich ihre schönen Versprechungen einlösen. Die Mikromorphologie muss sich bis auf weiteres damit begnügen, die Strukturen und ihre Entwicklungsstufen zu beschreiben und abzubilden, sowie durch experimentelle Eingriffe möglichst zu erläutern.

Ich habe diese wohl von allen Morphologen anerkannten Regeln hier angeführt, weil ich vom morphologischen Standpunkte aus noch einige Worte über die Bedeutung der drei oben beschriebenen Bestandteile des Eiprotoplasmas hinzuzufügen wünsche. In demselben finden sich die *Paramitomsubstanz*, die *Fäden* und die in ihnen aufgehängten *Körnchen*. Können wir über die Bedeutung und den relativen Wert dieser Gebilde etwas wissen? Welche von diesen Substanzen ist die wichtigere?

Schon FLEMMING hat hierüber Ansichten ausgesprochen, indem er teils den morphologisch differenzierten Bestandteilen des Protoplasmas eine hervorragende Bedeutung zuerteilen wollte, teils aber später dem Mitom oder Paramitom gegenüber die Frage, ob jenes oder dieses die höhere physiologische Dignität besitze, nicht entscheiden

wollte, »obwohl einzelne Beobachtungen dafür sprechen können, dass man den Sitz der wichtigeren Vorgänge innerhalb der Fädensubstanz sucht.»

Im Anschluss an diese Anschauungen FLEMMING's will ich nur betonen, dass wir ebenso wenig jetzt, wie zu jener Zeit, über die Bedeutung der einzelnen Substanzteile des Zellprotoplasmas etwas Sicheres wissen. Ob das Mitom mit seinen Bestandteilen oder das Paramitom die Hauptrolle spielt, oder ob sie nur in Verbindung miteinander, was wohl das wahrscheinlichste ist, ihre hochwichtige Wirksamkeit ausführen, lässt sich bisjetzt nicht entscheiden. Es lässt sich ja auch denken, dass das Mitomgeflecht als eine Art »Stützsubstanz» dient, in dessen Maschen das mehr oder weniger lose und weiche, »halbflüssige» Paramitom, welches offenbar für Umsetzungen chemischer und physikalischer Natur mehr geeignet ist, angesammelt wird. Das eben auch, was die Eier betrifft, in dem Paramitom die meisten der zahlreichen chemischen Ingredienzien des Protoplasmas enthalten sind, lässt sich wohl mit grösster Wahrscheinlichkeit annehmen. Auch auf einem anderen Zellengebiet, demjenigen der Nervenzellen, geht die Anschauung immer mehr in die Richtung über, dass nicht das in ihnen und ihren Ausläufern entdeckte Fibrillennetz die Hauptrolle der Tätigkeit des Protoplasmas ausübt, sondern dass dies Netz vielmehr als eine Art Stützsubstanz aufzufassen ist. Jedenfalls müssen wir Morphologen immer bedenken, dass wir vor einer Reihe von chemisch-physikalisch wirkenden, sehr komplizierten Prozessen in der *lebenden* Substanz stehen, deren Verlauf wir leider nicht folgen können. Uns ist es nur vergönnt, die sichtbaren Strukturen, und zwar in der Regel nur nach Fixierung und Einbettung der Organe, zu studieren; und was unter dem Sichtbaren sich findet, entgeht unserer Aufmerksamkeit und gehört den Ahnungen, den Hypothesen.

Nach dieser kurzen Abschweifung auf das Gebiet der hypothetischen Anschauungen hinsichtlich der Bedeutung der Bestandteile des Protoplasmas, die ich in der obigen beschreibenden Darstellung nicht berühren wollte, kehre ich zu der Zusammenfassung der Ergebnisse zurück.

2. In den sich *anreifenden* Eiern[1]), welche sich immer mehr vergrössern, treten, zuerst an einzelnen Stellen, Einlagerungen von Deutoplasmakörnern auf. Diese Dotterkörnerhaufen, welche meistens in der inneren, den Kern umgebenden Partie auftreten, werden grösser und reichlicher und fliessen allmählich immer mehr zu einer zusammenhängenderen Partie zusammen. In dieser Deutoplasmapartie erkennt man aber schon von Anfang an eine Zusammensetzung aus gewundenen Balken oder Strängen, welche von dem Mitomgeflechte umsponnen sind und die mehr oder weniger erweiterten, von Paramitom gefüllten Räume oder Kanäle zwischen sich haben. Die Dotterkörner setzen sich nämlich schon von Anfang an in den Maschen des Mitomgeflechtes ab, und diese Ablagerung geht dann bis zum reifen Stadium immer weiter fort. Man hat hierbei schon seit lange an eine Umwandlung von Mitomkörnern, den Mikrosomen, in Dotterkörner gedacht, und einige Autoren haben dies als in hohem Grade wahrscheinlich angenommen. Mir scheint dies nicht nur nicht bewiesen, sondern sogar in hohem Grade unsicher zu sein. Ich habe nämlich bei eingehendem Nachsuchen keine Beweise für diese Umwandlung finden können; Zwischenstufen sah ich nie. Bis auf weiteres betrachte ich es als wahrscheinlicher, dass sich die Dotterkörner aus der Paramitomsubstanz direkt bilden.

Hinsichtlich der Bildung von neuen, peripherisch am Ei sich absetzenden Schichten des Protoplasmas, wie dies von SELENKA dargestellt und dann nach ihm von anderen Autoren angeführt wurde, verweise ich auf meine obige ausführliche Darstellung. Ich bin in dieser Beziehung zu ganz anderen Ergebnissen gelangt.

3. Auf das Verhalten des *Kerns*, der *Oberflächenschicht* des *Eikörpers* und *der Hüllen* in den jungen, sich anreifenden und reifen Eiern der Echiniden will ich hier nicht noch einmal eingehen, weil eine Zusammenfassung zu weitläufig werden würde, sondern verweise auf die obige Darstellung. Hier will ich nur hervorheben, dass der von BOVERI an den Eiern von Toxopneustes entdeckte Mikropylekanal in der gelatinösen Hülle (»Chorion») bei Parechinus miliaris sehr deutlich vorhanden ist, sowie dass die äussere *Mikropyleöffnung* des Kanals in einer besonderen, eigentümlich strukturierten, von mir dargestellten Deckschicht dieser Hülle sich auffallend schön nachweisen lässt.

4. Die sich bei der Befruchtung (und der künstlichen Parthenogenese) plötzlich abhebende dünne, strukturlose *Dottermembran* stellt nicht, wie ich anfangs meinte, eine innere Grenzschicht der gelatinösen Hülle dar, und scheint nicht, wie mehrere Autoren angenommen haben, an der Eioberfläche vorgebildet zu sein, sondern in der Tat, wie

---

[1]) FLEMMING, welcher, wie oben (S. 4) hervorgehoben worden ist, in den *unreifen* Eiern der Echinodermen an Chromsäurepräparaten eine fädige Struktur mit grösstenteils aus Körnerreihen zusammengesetzten Fädchen sah und beschrieb, konnte, wie er angiebt, an den *reiferen* Eiern derselben die Struktur nicht eruieren: »Am reiferen Ei der Echinodermen», sagt er in seinem Werke vom J. 1882, »und so an vielen anderen hindern die an Grösse zunehmenden Dotterkörner die Wahrnehmung dieser Substanzen zu sehr».

andere Autoren glaubten, durch eine Art von dem eindringenden Spermium hervorgebrachte Reizwirkung chemischer Natur plötzlich hervorgerufen zu werden. In den normalsten Fällen pflegt immer diese Dottermembran durch eine teils aus dem Ei ausdringende, teils aus dem umgebenden Seewasser durch Einströmung herrührende flüssige Substanz abgehoben zu werden. Hin und wieder kommen aber auch Fälle vor, in welchen die Dottermembran an der Eioberfläche mehr oder weniger dicht angeschlossen bleibt, wonach sich jedoch die betreffenden Eier scheinbar ganz normal bis zum Pluteusstadium fortentwickeln können. Die Abhebung der Dottermembran durch die Ansammlung der flüssigen Substanz scheint also für die Weiterentwicklung der Eier nicht nötig zu sein.

5. Die bei dem Reifungs- und dem Befruchtungsakt entstehenden *Strahlungen* im Eikörper rühren immer davon her, dass die Fasern des Mitomgeflechtes sich, mit dem Mittelpunkt der Centrosphären als Centrum, radiär anordnen und früher oder später in das peripherisch davon befindliche, verästelte Mitomgeflecht übergehen, wobei die Dotterkörner der Deutoplasmabalken zwischen den Strahlen auch mehr oder weniger radiär angeordnet werden. Bei der Rückbildung der Strahlungen tritt die frühere Anordnung der Mitomfasern und der von diesen umsponnenen Deutoplasmabalken wieder auf.

6. Eine *wabige* Zusammensetzung habe ich in den Eikörpern bei den Echiniden *nie* wahrnehmen können, und zwar weder als allgemeine Anordnung nach Bütschli, noch im nicht strahligen Zustande nach E. B. Wilson, welcher letztere Forscher nur beim Entstehen der Strahlungen eine fibrilläre Struktur anerkennt, welche nach dem Aufhören der Strahlungen in die wabige zurückkehrt.

Ich kann also *nur eine fibrilläre* Struktur des Mitomgeflechts annehmen. Eine netzartige, retikuläre, Struktur sah ich in diesen Eiern in deutlichen Bildern auch *nie.* Die Fasern teilen sich zwar hier und da dichotomisch, bilden ein *Geflecht* von in dieser Weise verästelten Fädchen, *nicht aber ein Netz* im Sinne von Heitzmann und Klein. Falls wirklich Verbindungen unter ihnen vorkommen können, was natürlich sehr schwer ist, ganz sicher zu entscheiden, so stellen sie jedenfalls keine typische Struktur dar, sondern sind als Ausnahmefälle anzusehen.

7. Bei den von mir untersuchten *Eiern anderer Echinodermen* sind in den sechs hier oben angegebenen Momenten ungefähr dieselben Strukturverhältnisse von mir angetroffen. Nur war es bei ihnen schwieriger, die Mikropyle der gelatinösen Hülle durch Färbungen nachzuweisen; bei mehreren (Asterias u. s. w.) gelang es mir nicht, eine solche zu finden.

8. In den Eiern der von mir untersuchten Repräsentanten *anderer Stämme und Klassen der Wirbellosen* fand ich in mehr oder weniger prägnanter Ausbildung ungefähr prinzipiell gleiche oder ähnliche Strukturverhältnisse im Protoplasma, wie bei den Echiniden, wieder. Eine ähnliche Mikropyle der gelatinösen Hülle traf ich aber nur bei der Nemertine Malacobdella.

9. In dem Protoplasma der Eier des Kaninchens fand ich ungefähr die schon von Flemming angegebene *fibrilläre* Struktur, die aber doch nicht so schön und distinkt war, wie bei den Echiniden und den übrigen untersuchten Wirbellosen.

10. Der *Prozess der Cytolyse* besteht, von morphologisch-histologischem Standpunkt betrachtet, nach meinen umfassenden Untersuchungen hierüber, darin, dass die *beiden Hauptsubstanzen des Eies, das Protoplasma und das Deutoplasma, sich allmählich und immer mehr voneinander abtrennen, und zuletzt,* in den höheren Stadien des Prozesses, *in tropfenähnliche grössere oder kleinere Klumpen und Kugeln übergehen,* in denen man fortwährend ihre *ursprüngliche Struktur* erkennt. Im Eikern findet man indessen keine weiteren wahrnehmbaren Veränderungen, also jedenfalls keine Teilungs- oder Zerklüftungsphänomene.

Die Cytolyse stellt also nicht nur einen *chemischen* oder *physikalischen* Prozess dar, durch welchen flüssige Teile des Eiinhalts in Gestalt von Tropfen durch die Oberfläche des Eies hinaustreten, sondern besteht in einer Trennung der *morphologisch* differenten Bestandteile des Eies voneinander und in den höheren Graden auch in einer Zerteilung des Protoplasmas und des Deutoplasmas in der Form grösserer oder kleinerer Kugeln. In einer Partie derselben findet man nur die Struktur des Protoplasmas, d. h. das Paramitom und das Mitom, wieder; in einer anderen nur das Deutoplasma; in einzelnen Teilen kommen aber noch Gemische dieser Substanzen in wechselnder Menge, aber in veränderter, nicht normaler Anordnung, vor; besonders in den Deutoplasmakugeln sind also einzelne Mitomgeflechte noch vorhanden.

Der Prozess beginnt im Ei in den früheren Stadien mit einem Zusammenziehen der Mitomgeflechte zu spärlicheren, aber dickeren Knotenpunkten, wobei sich das Deutoplasma, und zwar meistens immer mehr in den oberflächlichen Partien des Eies, ansammelt. Egentümlicherweise kann dieser Prozess auch in befruchteten Eiern ange-

troffen werden, obwohl dies wahrscheinlich so zu deuten wäre, dass auch etwas cytolysierte Eier befruchtet werden können; es scheint indessen, als ob in solchen Eiern die Entwicklung ziemlich früh gehemmt werde.

Die in den höheren Stadien der Cytolyse begriffenen Eier, welche schon zum grössten Teil aus Kugeln bestehen, können als in Furchungskugeln geteilte Eier erscheinen; bei histologischer Untersuchung dieser Eier findet man aber, dass in diesen Kugeln, von welchen, wie erwähnt, eine Partie aus Protoplasma, eine andere aus Deutoplasma bestehen, keine Kernteilung geschehen ist; nur in einer derselben trifft man noch den ursprünglichen ungeteilten Eikern. Der ganze Prozess der Cytolyse hat also mit einem wirklichen Furchungsprozess nichts gemein. Er stellt offenbar einen anormalen Vorgang, eine Art Auflösungsprozess dar, dessen Ursachen noch unerklärt sind, obwohl man sie wohl mit Recht in chemisch-physikalischen Verhältnissen zu suchen hat.

11. In diesem Rückblick habe ich hauptsächlich die die Protoplasmastruktur in den Eiern betreffenden Fragen berücksichtigt. Was die übrigen in der Abhandlung berührten Fragen anlangt, verweise ich auf die verschiedenen Kapitel derselben sowie auf die Tafeln. Dies gilt auch im allgemeinen hinsichtlich der bei der *künstlichen Parthenogenese* vorkommenden Strukturverhältnisse.

Was diese letzteren, die bei der *Parthenogenese* gemachten Erfahrungen, betrifft, so wurde schon oben (S. 32—33) eine Übersicht der Ergebnisse punktweise abgegeben. Unter Hinweis auf diese beschränke ich mich deshalb hier nur auf die Hervorhebung einiger der wichtigeren hierauf bezüglichen Befunde. Wie bei der durch die Befruchtung erregten Entwicklung, treten, wie schon lange, besonders aber durch die Untersuchungen E. B. Wilson's bekannt geworden ist, *Strahlungen* im Ei auf. Diese Strahlungen sind ihrer morphologischen Natur nach von derselben Art wie die bei der natürlichen Befruchtungserregung vorkommenden, indem sich das Mitomgeflecht in geringerer oder grösserer Ausdehnung um gewisse Ausstrahlungscentren radienartig anordnet und das Paramitom in den Bahnen zwischen diesen Mitomradien ansammelt — das Paramitom ist hierbei vielleicht das bestimmende — wobei auch das Deutoplasma in denselben Bahnen zu liegen kommt. Beim Verschwinden dieser Strahlungen im Protoplasma kehrt die Anordnung im Eie hauptsächlich zu dem früheren Zustand zurück. Die bei der parthenogenetischen Entwicklung auftretenden Strahlungen und übrigen Phänomene im Ei sind aber keineswegs so regelmässig verlaufend wie nach der Befruchtung. Im Gegenteil ist, auch in den bestgelungenen Experimenten, eine grosse *Unregelmässigkeit* in der Entwicklung und eine sehr *bedeutende Variation der Phänomene* vorhanden, so dass man nur durch eine weit gehende Konstruktion die Verlaufsrichtung und ihre einzelnen Momente aufzustellen vermag. Im allgemeinen lässt sich doch bis auf weiteres sagen, dass die von Wilson angegebenen Momente, v. a. die *primäre Strahlung* um den Kern als Centrum, die zur *Wasseraufnahme* erhöhte Permeabilität der Oberflächenschicht des Eies und das Anziehen des umgebenden Wassers — sowie die *Ansammlung der Flüssigkeit in der Umgebung des Kerns* die einleitenden, aber sehr verschieden schnell eintretenden Momente bei diesem Prozesse sind. Ferner ist hervorzuheben, dass es, wie auch Wilson gezeigt hat, eine allgemeine Erscheinung ist, dass die umfassende primäre Strahlung allmählich aufhört und dass nur eine geringe Strahlungssonne um den Kern zurückbleibt, wonach die Veränderungen im Kerne eintreten (Verschwinden der Membran, Umgestaltung, resp. Teilung der Chromosomen, Teilung des Kerns u. s. w.) und in verschiedenartigen, z. T. sehr anormalen, Richtungen geschehen. Das Entstehen der Centrosphären sowohl bei den danach folgenden Teilungen als bei den sog. Cytastern ohne Kernsubstanz ist noch ganz rätselhaft, und ich kann deshalb die Annahme Wilson's, dass dieselben *de novo* entstehen, wohl begreiffen, obwohl ich bis auf weiteres die Sache lieber als dunkel und unerklärt betrachte. Schliesslich tritt in einer geringeren oder grösseren Anzahl der Eier ein in mehr normal verlaufenden Bahnen stattfindender Teilungsakt ein, und diese Eier können sich zu normal gestalteten Morulæ, Blastulæ, Gastrulæ und Plutei u. s. w. entwickeln.

Hinsichtlich der von den Autoren, v. a. von Jacques Loeb, aufgestellten Erklärungen und Theorien über die bei der künstlichen Parthenogenese auftretenden Phänomene und die dabei wirkenden Kräfte kann ich bis auf weiteres keine dieser hypothetischen Erklärungen als hinreichend begründet auffassen, sondern stimme in dieser Beziehung auch Delage bei, dass man noch zu dem Schluss kommt, dass man aus den Ergebnissen nur ersehen kann, dass die betreffenden chemischen und physikalischen Einflüsse, welche diese Parthenogenese hervorrufen, nur *das Ei auto-parthenogenetisch* machen. Diese Erklärungsversuche können indessen als Arbeitshypothesen von Interesse und Bedeutung sein, nur mögen sie nicht mit zu grosser Bestimmtheit als gesichert, als schon gewonnene Theorien, hervorgehoben werden. Die wissenschaftliche Forschung ist auf diesem Gebiete, wie fast überall, wenn sie nach den innersten Ursachen der zu beobachtenden Phänomene forscht, noch im Suchen begriffen. Sie wird gewiss darunter leiden, wenn man zu frühzeitig als wahre Errungenschaften noch nicht sicher bewiesene Erklärungen und Theorien ankündigt. Wenn diese letzteren als unbegründet und irrig nachgewiesen werden, kommen mit

dem Physiologen v. Uexküll viele, die sonst der Wissenschaft huldigten, zu dem skeptischen Schluss, dass im allgemeinen eine wissenschaftliche Wahrheit »ein Irrtum von heute» ist.

Indessen kommt man bei der Erforschung der Lebensvorgänge im befruchteten und auch im sich parthenogenetisch entwickelnden Ei, gewiss einem der fundamentalsten Prozesse der ganzen Schöpfung, immer mehr zu der Überzeugung, dass nur das eingehende Studium der hierbei wirkenden *chemischen* und *physikalischen* Vorgänge zu einer endgültigen Erklärung führen kann. Dies durch anhaltende verschiedenartige Experimente versucht zu haben, ist ein besonderes Verdienst einiger amerikanischer Forscher unserer Zeit, v. a. von Jacques Loeb und seinen Schülern, aber auch von dem hervorragenden französischen Zoologen Delage und seinen Schülern.

12. Bis auf weiteres will ich die hier über die Strukturverhältnisse des Protoplasmas in den Eiern dargestellten Befunde nur für die von mir behandelten Tiere gelten lassen und dieselben also nicht generalisieren. Hoffentlich komme ich auf das wichtige Thema noch einmal zurück.



2.

# Zur Kenntnis der Spermien der Echinodermen.

Taf. XIV—XV.

Während meiner Untersuchungen über die Entwicklungsvorgänge der Eier der Echinodermen nach der Befruchtung und in dem parthenogenetischen Prozesse schien es mir von einem gewissen Interesse zu sein, zu erfahren, ob man bei den Spermien der verschiedenen Repräsentanten dieses Tierstammes ganz distinkte und charakteristische Kennzeichen finden könne, welche möglicherweise geeignet seien, ihre phylogenetischen Verwandtschaftsverhältnisse zu erläutern. Durch die bisherigen Beschreibungen der Spermien von Echinodermen, von Kölliker, O. S. Jensen, Pictet, E. Ballowitz und *mir*, kannte man zwar im allgemeinen die Spermienformen bei mehreren Vertretern des Stammes, indem jeder dieser Autoren einige dieser Formen beschrieben und abgebildet hatte. Die allermeisten dieser Abbildungen sind aber in einem so geringen Massstab ausgeführt, dass ein näherer Vergleich derselben kaum möglich ist.

So beschrieb im Jahre 1883 Jensen [1]) die Spermiogenese von *Cucumaria frondosa* und bildete dabei auch zwei reife Spermien in kleinem Massstab ab. Er fand bei ihnen den Kopf rundlich mit einer vorderen Delle, ferner ein Mittelstück und einen feinen Schwanzfaden.

Pictet [2]) untersuchte die Spermiogenese bei den folgenden Echinoideen: *Strongylocentrotus lividus* Brandt, *Arbacia pustulosa* Gray, *Echinus microtuberculatus* Blainv., *Sphaerechinus granularis* Ag., *Spatangus purpureus* Müll. Wegen der grossen Analogie des Prozesses bei denselben beschränkte er sich indessen auf die Darstellung desselben bei dem Strongylocentrotus lividus. Von den reifen Spermien gab er aber Abbildungen, leider aber auch in zu geringer Vergrösserung, von den vier ersten (Strongylocentrotus lividus, Sphaerechinus granularis, Echinus microtuberculatus und Arbacia pustulosa). Die Spermien des erstgenannten Tieres haben an den Figuren Pictet's einen echt konischen, stark lichtbrechenden, von einer dünnen Membran dicht umschlossenen Kopf mit geraden Seitenflächen und ganz quer abgesetzter (nicht abgerundeter) Fussfläche, an deren Mitte der dünne Schwanzfaden befestigt und von einem beinahe sphärischen und ablösbaren Mittelstück umgeben ist. Die Spermien von Sphaerechinus sind in den Figuren breiter konisch, diejenigen von Echinus microtuberculatus sind schmäler und etwas kleiner, diejenigen von Arbacia sind etwas länger und stärker sowie in eine längere Spitze ausgezogen.

Théel [3]) gab im Jahre 1892 in seinem Werke über die Entwicklung von *Echinocyamus pusillus* die Abbildung einer Spermie dieses Tieres, in welcher man den konischen, vorn abgestumpften und etwas nach der Seite gebogenen Kopf, ein hinter diesem angefügtes halbkugeliges Mittelstück und einen langen, feinen Schwanzfaden mit einem relativ langen, feinen Endstück bemerkt.

Ballowitz [4]) untersuchte und beschrieb im Jahre 1894 die Spermien folgender Echinodermen: *Crossaster papposus* M. et Tr., *Ophiothrix fragilis* Düb. et Kor., *Cucumaria Planci* v. Marenz. Die Spermien von *Crossaster*

---

[1]) O. S. Jensen, *Recherches sur la Spermatogénèse (suite).* Arch. de Biologie, T. IV, Pl. XX, Fig. 19 u. 20, 1883.

[2]) C. Pictet, *Recherches sur la Spermatogénèse chez quelques Invertébrés de la Méditerranée.* Mittheilungen aus der zoologischen Station zu Neapel. 10. Band, 1891—1893.

[3]) Hjalmar Théel, *On the development of Echinocyamus pusillus* (O. F. Müller). Nov. Act. Reg. Soc. scient. Upsal. Ser III, 1892.

[4]) Emil Ballowitz, *Bemerkungen zu der Arbeit von Dr. Phil.* Karl Ballowitz *über die Samenkörper der Arthropoden nebst weiteren spermatologischen Beiträgen betreffend die Tunicaten, Mollusken, Würmer, Echinodermen und Coelenteraten.* Internat. Monatschr. f. Anat. u. Phys., 1894, Band XI.

bestehen aus einem rundlichen kleinen Kopf und einem mässig langen Schwanz; dem hinteren Teile des Kopfes sitzt ein kelchartiges Verbindungsstück (Mittelstück) dicht an. Ballowitz gab eine sehr eingehende Beschreibung dieser Teile, aus welcher hier hervorgehoben werden soll, dass er am vorderen Teil des Kopfes eine Delle mit einem sie umgebenden Ringkörper fand; von der in die Kopfsubstanz sich einsenkenden Delle sah er einen kanalförmigen Mikroporus ausgehen, welcher von aussen in das Innere des Kopfes führt; mit diesem Mikroporuskörper steht noch ein anderer, etwa halbkugeliger Körper im Zusammenhang, der bis gegen die Mitte des Kopfes vorragt und im Innern desselben gelegen ist. Hinter dem Kopfe, zwischen ihm und dem Schwanzfadenansatze, von dem Verbindungsstück umgeben, fand sich ein Punkt, den er für das Endknöpfchen des Schwanzes hielt. Am hinteren Ende des Schwanzfadens erkannte er ein deutlich abgesetztes Endstück.

Ferner beschrieb, wie erwähnt, Ballowitz die Spermien von *Ophiothrix fragilis*, bei denen er Ringkörper, Verbindungsstück, Hauptstück und Endstück fand; der Mikroporuskörper ragt hier bisweilen, analog einem Spitzenstück, etwas vor. Ballowitz liess dahingestellt, ob der Ringkörper, wie man wohl annehmen möchte, dem Spitzenstück der anderen Spermien entspricht. Bisweilen liess sich am vorderen Ende des das Verbindungsstück durchsetzenden Axenfadens des Schwanzes ein dunkelgefärbter Endknopf wahrnehmen. Schliesslich besprach Ballowitz auch kritisch die entsprechenden Verhältnisse an den schon von Jensen dargestellten Spermien von Cucumaria.

Im Jahre 1904 beschrieb *ich* [1]) die Spermien von *Ophiura* spec., *Ophiothrix fragilis* sowie von *Echinus miliaris* L. und *E. neglectus* Lam. (= *Strongylocentrotus droebachiensis* O. F. Müller). Und im Jahre 1905 gab *ich* [2]) eine Darstellung der Spermien von *Antedon petasus* Düb. et Kor., *Brissopsis lyrifer* Forbes, und *Mesothuria intestinalis* (Ascan.).

Weil ich aber in der hier vorliegenden Mitteilung u. a. auch auf die Darstellung der Spermien aller dieser sieben Echinodermen zurückkomme, finde ich es nicht nötig, in dieser kurz gefassten geschichtlichen Revue meine betreffenden Beschreibungen zu referieren, sondern weise auf das hier unten folgende hin. Ich will aber diese ganze Darstellung möglichst kurz abfassen und schreite dabei in systematischer Reihenfolge fort.

Ehe ich diese kleine geschichtliche Übersicht abschliesse, soll indessen hervorgehoben werden, dass die meisten Autoren, welche über die Befruchtung der Seeigeleier geschrieben und Abbildungen hierüber veröffentlicht haben, auch die Spermien besprachen und gelegentlich abbildeten. Weil aber die Untersuchung der Spermien nicht der eigentliche, spezielle Gegenstand ihrer Darstellung ausmachte, sind im ganzen die betreffenden Mitteilungen für die Kenntnis derselben wenig erläuternd.

## I. Klasse. Pelmatozoa.

### 1. Ordnung. **Crinoidea.**

**Antedon petasus** Düb et Kor. Weil ich schon früher (Biol. Unters. N. F. Band XII., 1905) die Spermien dieses Tieres beschrieben habe, will ich dieselben hier nur ganz kurz besprechen. Wie die Fig. 1—4 der Taf. XIV zeigen, bestehen sie aus einem auffallend kleinen, ungefähr sphärischen, gewöhnlich aber von vorn nach hinten mehr oder weniger etwas abgeflachten *Kopf*, einem aus mehreren dicht hinter dem Kopfe gelegenen und von einer sparsamen verbindenden Substanz zusammengehaltenen kugeligen Körnern gebildeten *Nebenkernorgan* (Mittelstück, Verbindungsstück) und einem an der hinteren Kopffläche befestigten, ziemlich langen und schmalen *Schwanzfaden*, welcher an seinem hinteren Ende in ein noch schmäleres, gut abgesetztes *Endstück* hinausläuft. Obwohl die Körner des Nebenkernorgans gewöhnlich recht deutlich hervortreten, zeigte es sich doch schwer, ihre Zahl genau zu bestimmen, weil sie sich nur von der Seite her sehen liessen. Hier erkannte man in der Regel 3—4; deshalb belaufen sie sich wohl wenigstens auf 5; vielleicht ist aber ihre Anzahl nicht ganz konstant. An der Mitte der Vorderfläche des Kopfes findet sich ein kleines *Spitzenstück*, *Perforatorium*, in der Gestalt eines sehr kleinen, abgeflachten, mit Rosanilin sich stark färbenden Kuchens, dessen vordere Mittelpartie in eine kleine Spitze sich erhebt.

---

[1]) Gustaf Retzius, *Zur Kenntnis der Spermien der Evertebraten* I. Biolog. Unters., N. F. Band XI, 1904.

[2]) Gustaf Retzius, *Zur Kenntnis der Spermien der Evertebraten*, II. Biolog. Unters., N. F. Band XII, 1905.

# II. Klasse. Echinozoa.

## 1. Ordnung. Asteroidea.

*Fam. Astropectinidae.* **Astropecten irregularis** Penn. Die Spermien dieses Seesterns bestehen (Taf. XIV, Fig. 5—10) aus einem im ganzen kugeligen, vorn aber gewöhnlich an ihrem vorderen Umfang an einer Seite etwas abgeflachten und hier mit einem in die Fläche eingesenkten, halbkugeligen, aber etwas abgeplatteten, sich in Rosanilin färbenden *Perforatorium* versehenen *Kopf*, einem an dem hinteren Umfang des Kopfes befestigten langen, schmalen, fadenförmigen, in ein feines, deutlich abgesetztes *Endstück* auslaufenden *Schwanz* und einem am hinteren Kopfumfang rings um den Schwanzansatz gelegenen, aus einigen kugligen Körnern gebildeten *Nebenkernorgan*. In diesem Organ lassen sich zuweilen die Körner nicht deutlich wahrnehmen (Fig. 5); sie sind nämlich durch eine sie verbindende, mehr oder weniger reichliche Substanz umhüllt; in anderen Fällen treten sie, von der Seite her betrachtet, scharf hervor; von ihnen sind dann 2—3 sichtbar; wahrscheinlich sind sie aber wenigstens 4; ihre Grösse wechselt, auch an demselben Spermium (Fig. 9).

*Fam. Solasteridae.* **Solaster papposus** Fabr. (Taf. XIV, Fig. 11—16). Die Spermien von Solaster sind zwar von demselben allgemeinen Typus, wie diejenigen von Astropecten, indem sie einen im ganzen sphärischen, am vorderen Umfang und seitlich abgeplatteten *Kopf*, ein *Nebenkernorgan* und einen langen, schmalen, in ein langes, feines *Endstück* (Fig. 16) auslaufenden *Schwanz*faden haben. An dem vorderen-lateralen, weit mehr als bei den Spermien des Astropecten abgeplatteten Umfang des Kopfes findet sich ein in die Kopfsubstanz tief eingesenktes, konisches Gebilde, welches dem *Perforatorium* der Spermien der anderen Echinodermen entspricht. Von der Fläche (Fig. 13 von der zugewandten, Fig. 14 von der abgewandten Fläche des Kopfes) betrachtet, zeigt sich dies Gebilde rundlich mit ringförmiger Verdickung des Umrisses; von der Seite her (Fig. 11 und 15) tritt diese vordere ringförmige, stark lichtbrechende, in Rosanilin sich stark färbende Partie ziemlich breit hervor; und nach hinten und lateralwärts geht die hintere, hellere, spitz konische Partie ungefähr bis zur Mitte des Kopfinneren hinein, um dort spitz zu endigen. Es ist offenbar dasselbe Gebilde, welches Ballowitz an den Spermien seines Crossaster papposus beschrieben hat.

Was das *Nebenkernorgan* betrifft, so besteht es auch bei Solaster aus deutlich umgrenzten, kugeligen Körnern, welche von einer verbindenden Substanz zusammengehalten sind; zuweilen kann man sie, schief von hinten her, zu vier zählen (Fig. 14); von der Seite des Spermiums betrachtet, zeigen sie sich als 2 bis drei (Fig. 11, 12, 13, 15).

*Fam. Echinasteridae.* **Cribrella sanguinolenta** Müll. (Taf. XIV, Fig. 17—24). Diese Spermien ähneln besonders denen von Astropecten, mehr als denen von Solaster. Der *Kopf*, dessen Grösse etwas wechselt, indem er bald grösser (Fig. 17), bald in verschiedenem Masse kleiner (Fig. 18—24) ist, stellt eine am vorderen-lateralen Umfang, d. h. von vorn-aussen nach hinten, etwas abgeplattete Kugel dar, an deren vorderer Fläche etwas lateralwärts eine rundliche, stark lichtbrechende Perforatoriumplatte mit nach hinten hin gewölbtem Umfang in die Kopfsubstanz etwas eingesenkt ist.

Das *Nebenkernorgan*, welches den vorderen Ansatz des Schwanzfadens an der Mitte der hinteren Kopffläche eng umschliesst, besteht auch hier aus deutlich ausgeprägten, oft relativ recht bedeutenden, untereinander etwas verschieden grossen Körnern, welche von einer sparsamen verbindenden Substanz zusammengehalten sind. Der schmale *Schwanz*faden, welcher in ein deutlich abgesetztes, feines *Endstück* ausläuft, hat ungefähr dieselbe Länge wie bei den Spermien des Astropecten.

*Fam. Asteriidae.* **Asterias rubens** L. (Taf. XIV, Fig. 25—33). Die Spermien von Asterias rubens sind denen von Solaster ähnlicher als denen von Astropecten und Cribrella, indem an dem auch von vorn-lateral nach hinten hin mehr oder weniger abgeflachten und etwas verschieden grossen, kugeligen *Kopf* das dem Perforatorium entsprechende Gebilde gewöhnlich eine konische Gestalt, mit schief nach hinten gerichteter, in die Kopfsubstanz tief eindringender Spitze, hat (Fig. 25, 27, 30, 33); zuweilen ist diese hintere Spitze mehr abgestumpft (Fig. 26, 31, 32). Im ganzen ist dies Gebilde auffallend gross und, von der vorderen Fläche betrachtet (Fig. 28, 29), rund, stark lichtbrechend und mit Rosanilin stark färbbar. Der dünne *Schwanz*faden ist von etwas wechselnder

Länge (Fig. 25, 26) und läuft in ein deutlich abgesetztes, feines *Endstück* aus. Das *Nebenkernorgan,* welches den Ansatz des Schwanzes an der hinteren Fläche des Kopfes eng umgibt, stellt gewöhnlich einen zusammenhängenden, dem hinteren Kopfumfang dicht angelagerten Kuchen dar, in dem kugelige Körner oft nur undeutlich wahrnehmbar sind (Fig. 25, 26). Bei ziemlich vielen Spermien lassen sich jedoch auch hier die Körner nachweisen, und zwar von etwas wechselnder Grösse; die sie verbindende Substanz ist aber zu reichlich, als dass man dieselben ganz deutlich sehen könne.

## 2. Ordnung. **Ophiuroidea.**

*Fam. Ophiolepididae.* **Ophiura ciliata** Retz. (Taf. XIV, Fig. 34—36). Die Spermien von Ophiura ciliata haben einen beinahe sphärischen *Kopf* (Fig. 36), welcher jedoch oft ein klein wenig von vorn nach hinten abgeflacht ist (Fig. 34). An dem vorderen Umfang desselben sitzt in der Regel in der Mitte ein verhältnismässig kleines, von vorn betrachtet, rundes, nach vorn hin schwach gewölbtes und hervorragendes, stark lichtbrechendes und in Rosanilin sich stark färbendes *Perforatorium* (Fig. 34, 36); nur mehr ausnahmsweise kann es ein wenig von der Mitte des vorderen Kopfumfangs nach der Seite hin verschoben sein (Fig. 35). Der ziemlich dünne *Schwanz*faden hat ungefähr dieselbe Länge wie bei Astropecten und Asterias, oder ist etwas länger und läuft in ein deutlich abgesetztes, feines *Endstück* aus. Das *Nebenkernorgan* stellt rings um den in der Mitte des hinteren Kopfumfangs befestigten Schwanzfaden eine der Kopffläche dicht angeschlossene, grosse, kuchenförmige Partie dar, in welcher eingebettete kugelige Körner mehr oder weniger deutlich hervorschimmern; zuweilen ist die sie verbindende Substanz geringer, so dass die Körner deutlicher hervortreten (Fig. 35); sie scheinen ziemlich zahlreich zu sein.

*Fam. Ophiothrichidae.* **Ophiothrix fragilis** (O. F. Müll.) (Taf. XIV, Fig. 37—38). Weil ich diese Spermien schon früher beschrieben und abgebildet habe, kann ich mich hier darauf beschränken, anzuführen, dass der Typus derselben demjenigen von Ophiura ganz ähnlich ist, nur sind die Dimensionen etwas kleiner. Der von vorn nach hinten etwas abgeflacht kugelige Kopf ist auffallend kleiner und hat in der Mitte des vorderen Umfanges ein kleineres, etwas gewölbtes, hervorragendes, rundes, kuchenförmiges *Perforatorium.* In der Mitte des hinteren Kopfumfangs ist der Ansatz des relativ kürzeren und dünneren, in ein feines *Endstück* auslaufenden *Schwanz*fadens. Um den Ansatz desselben am Kopfe findet sich das deutlich aus kugeligen Körnern bestehende *Nebenkernorgan;* zuweilen ist die Anzahl dieser Körner grösser als gewöhnlich (Fig. 38).

## 3. Ordnung. **Echinoidea.**

*Fam. Arbacidae.* **Arbacia pustulosa** Gray (Taf. XV, Fig. 1—6). Die Spermien von Arbacia sind klein und haben einen schmalen, spitz konischen *Kopf* mit abgerundetem hinterem Umfang und an dem vorderen spitzen Ende ein kleines, knopfförmiges, stärker lichtbrechendes *Perforatorium.* Der am hinteren Kopfumfang befestigte *Schwanz*faden ist sehr dünn und kurz und läuft in ein sehr feines, aber relativ langes *Endstück* aus. Das den Schwanzansatz umschliessende, dem Kopf dicht angefügte *Nebenkernorgan* stellt einen kleinen Kuchen dar, in dessen Substanz einige kugelige Körner mehr oder weniger deutlich hervorschimmern. In den Präparaten trifft man unter den Spermien mit schmal konischem Kopfe auch solche mit breiter konischem Kopfe (Fig. 5 und 6). Ob diese letzteren als Variationen von reifen Spermien zu betrachten sind, oder noch nicht ganz reife Spermien darstellen, ist schwer sicher zu entscheiden. Die letztere Deutung ist aber wahrscheinlicher, weil die Spermien während ihrer Entwicklung gerade solche Stadien mit breiteren Köpfen durchlaufen. Es wäre jedoch möglich, dass einzelne Spermien auch im reifen Stadium diese Form behalten.

*Fam. Echinidae.* **Parechinus microtuberculatus** Blainv. (Taf. XV, Fig. 7—9). Die Spermien dieses Seeigels sind in allen meinen Präparaten im allgemeinen ziemlich kräftig und haben einen *Kopf* von etwas breiterer konischer Gestalt als diejenigen von Arbacia und von mehreren anderen Echinideen; derselbe spitzt sich nicht so stark zu, obwohl auch etwas schmälere Köpfe vorkommen (Fig. 4); an dem vorderen Ende findet sich ein knopfförmiges *Perforatorium.* Der *Schwanz*faden ist relativ dick und lang und läuft in ein feines, deutlich abgesetztes *Endstück* aus. Das *Nebenkernorgan* stellt einen ziemlich starken Kuchen dar, in welchem die eingela-

gerten Körner in der Regel nicht deutlich hervortreten; hier und da konnte ich sie jedoch sicherer wahrnehmen, z. B. an dem perspektivisch von hinten betrachteten Kopfe, welcher in Fig, 9 abgebildet worden ist, wo vier hellere Körner sichtbar sind.

**Parechinus miliaris** (L.) (Taf. XV, Fig. 10—14). Von diesen Spermien habe ich schon früher eine mit Abbildungen versehene Beschreibung geliefert und beschränke mich deshalb darauf, hier nur das nötige zu wiederholen. Diese Spermien fand ich kleiner als die des vorigen. Der *Kopf* ist etwas kleiner und schmäler und der *Schwanz*faden kürzer. Der konische Kopf ist aber nicht so fein zugespitzt wie an den Spermien von Arbacia; er trägt ein knopfförmiges *Perforatorium* und hat an seinem hinteren Ende ein ziemlich starkes *Nebenkernorgan* von etwas wechselnder Form, indem es bald breit hinausragt (Fig. 10, 12), bald schmäler und länger ist (Fig. 11, 13, 14); in demselben schimmern hin und wieder, aber im ganzen undeutlich, einige hellere kuglige Körner hervor (Fig. 10, 13), indem die sie einbettende Substanz relativ reichlich ist. Der dünne Schwanzfaden, welcher durch das Nebenkernorgan bis zum Ansatz am hinteren Kopfumfang geht, läuft hinten in ein feines *Endstück* aus.

**Echinus esculentus** L. (Taf. XV, Fig. 15—20). Die Spermien dieses grossen Seeigels sind auch verhältnismässig gross, indem der konisch gestaltete *Kopf* relativ lang und hinten breit ist, und der *Schwanz* zu den längeren bei den Echiniden gehört. Am vorderen zugespitzten Ende des Kopfes findet sich ein knopfförmiges, stärker lichtbrechendes, kleines *Perforatorium.* Die hintere breite Partie des Kopfes zeigt oft eine dunklere Farbe mit einer zwar nicht scharfen, aber doch wahrnehmbaren Abgrenzung gegen die vordere, hellere, zugespitzte Partie (Fig. 15, 16, 19, 20). Der relativ ziemlich starke *Schwanz*faden läuft hinten in ein feines, deutlich abgesetztes *Endstück* aus. Vorn setzt er sich in der Mitte des breiten, aber abgerundeten hinteren Kopfumfangs fest; in den Fällen, wo das Nebenkernorgan hier abgelöst worden ist (Fig. 20), scheint es, als ob am vorderen Schwanzende ein dunkles Körnchen liege, welches dann einem Centralkörper entspräche; es ist aber ausserordentlich schwer, dies ganz sicher zu entscheiden. Das *Nebenkernorgan*, welches normal dem hinteren Kopfumfang dicht anliegt, stellt einen ziemlich starken Kuchen mit eingelagerten Körnern dar, welche aber nur ausnahmsweise deutlich hervortreten (Fig. 19), falls die sie einbettende Substanz sehr spärlich vorhanden ist.

**Paracentrotus lividus** (Lm.) (*Toxopneustes lividus*, *Strongylocentrotus lividus*) (Taf. XV, Fig. 26—28). Die Spermien dieses bei so vielen Untersuchungen über die Befruchtung angewandten Seeigels haben einen schmal konischen, mittelgrossen *Kopf* mit fein gebogenen Seitenkonturen und mit einem knopfförmigen *Perforatorium*, einen sehr kurzen, dünnen, in ein feines *Endstück* auslaufenden *Schwanz*faden und ein deutlich aus kugligen Körnern bestehendes *Nebenkernorgan* (Fig. 26, 27, 28). In den Präparaten trifft man teilweise auch etwas breitere Köpfe mit mehr konvexen Seitenkonturen (Fig. 27 und 28), welche vielleicht nicht ganz reifen Stadien angehören; sie können aber auch hier Variationen entsprechen, indem einzelne reife Spermien eine etwas jüngere Form beibehalten haben können.

*Fam. Toxopneustidae.* **Sphaerechinus granularis** (Lm.) (Taf. XV, Fig. 21—25). Diese Spermien ähneln denen von Paracentrotus lividus und Echinus esculentus; hinsichtlich der Dimensionen bilden sie eine Zwischenform zwischen diesen beiden Spermiensorten, wie ein Vergleich der Figuren auf der Tafel zeigt; dies ist ganz besonders an den Schwänzen bemerkbar, indem die Schwanzlänge bei Sphaerechinus eine Mitteldimension hat. Hierbei soll aber doch betont werden, dass bei den Echinodermen, wie bei anderen Tieren, hinsichtlich der Länge des Schwanzfadens Variationen vorhanden sein können, so dass bei derselben Tierart eine gewisse Variationsbreite vorkommt; man muss deshalb versuchen, bei jeder Art die Mittellänge zu finden. Was nun die Form der Spermien von Sphaerechinus betrifft, so hat ihr *Kopf* ungefähr dieselbe konische Gestalt wie bei denen von Echinus esculentus, ist aber nicht nur etwas kleiner, sondern hat auch eine stärkere Abrundung der hinteren Partie mit mehr konvexen Seitenkonturen. Am vorderen spitzen Ende sitzt ein kleines, knopfförmiges *Perforatorium.* Am hinteren Ende ist in der Mitte der Schwanzfaden befestigt und von dem *Nebenkernorgan* eng umschlossen; dieses Organ stellt auch bei den Spermien von Sphaerechinus granularis einen quergestellten Kuchen dar, welcher eine verschiedene Dicke haben kann und in seiner Substanz einige mehr oder weniger deutlich hervortretende, runde Körner enthält; wenn man das Spermium von der Seite betrachtet, sieht man in dem Kuchen gewöhnlich

zwei oder drei, zuweilen vier Körner, so dass im ganzen wahrscheinlich die Fünfzahl die übliche ist. Der dünne *Schwanz*faden läuft in ein feines *Endstück* aus.

**Strongylocentrotus droebachiensis** (O. F. Müller) (Taf. XV, Fig. 29—35). Auch bei diesen Spermien hat der *Kopf* eine konische Gestalt; dieselbe ist aber im allgemeinen im Verhältnis zur Länge ziemlich schmal; in jüngeren Stadien ist sie breiter (Fig. 32), in noch jüngeren breit oval (Fig. 35). Am vorderen spitzen Ende trägt der Kopf ein spitzes *Perforatorium*, welches in jüngeren Stadien durch eine Art Spitzkappe vertreten ist. Am hinteren Ende bemerkt man, dass ein kleiner axialer Stab in die Substanz eingeschlossen ist; dieser Stab scheint die Fortsetzung des Schwanzfadens nach vorn hin zu bilden, was ich bei anderen Echinoideen sonst nicht gesehen habe. Das *Nebenkernorgan* stellt einen dicken und breiten, ringförmigen Körper dar, welcher den Schwanzansatz eng umgibt und deshalb leider die Untersuchung, wie sich der *Schwanz*faden zu dem erwähnten kleinen Stab im Hinterende des Kopfes verhält, ob nämlich der letztere die direkte Fortsetzung des Schwanzfadens ist, oder nicht, unmöglich macht; es gelang mir ja nicht, das Nebenkernorgan hier zu entfernen. In diesem Organ konnte ich auch nicht das Vorhandensein der kugeligen Körner nachweisen. Der etwa relativ mittellange Schwanzfaden läuft auch hier in ein deutlich abgesetztes, feines *Endstück* aus.

*Fam. Fibulariidae.* **Echinocyamus pusillus** (O. F. Müller) (Taf. XV, Fig. 36—41). Dieser zu der Unterordnung *Irregularia* gehörende kleine Seeigel hat verhältnismässig grosse Spermien. Der *Kopf* (Fig. 36) ist beinahe echt konisch mit ziemlich bedeutender Breite und nur wenig gewölbten Seitenflächen. An der vorderen Spitze sieht man eine Andeutung zu einem kleinen *Perforatorium*. Am hinteren Kopfende findet sich, dicht angeschlossen, ein relativ grosses *Nebenkernorgan*, in dem in der Regel einige ungewöhnlich grosse, helle, kugelige Körner hervortreten (Fig. 36—41); die sie einbettende Substanz ist meistens nur sparsam vorhanden. Dies Organ verbirgt den Ansatz des Schwanzfadens am hinteren Kopfende. Der dünne *Schwanz*faden ist etwa von Mittellänge und läuft in ein feines *Endstück* aus.

*Fam. Spatangidae.* **Bryssopsis lyrifera** (Forb.) (Taf. XV, Fig. 42—44). Die Spermien dieser irregularen Echinoide sind besonders durch die ungewöhnliche Länge des in ein langes, feines *Endstück* auslaufenden *Schwanz*fadens ausgezeichnet. Der *Kopf* ist auch hier konisch, mit recht bedeutender Breite der hinteren Partie, welche aber gut abgerundet ist, indem die Seitenfläche des Kopfes sich hier konvex umbiegt. An der vorderen Spitze des Kopfes sitzt ein kleines, knopfförmiges *Perforatorium*. Rings um den Ansatz des Schwanzes am Kopfe findet sich ein relativ kleines, kurzes, aber ziemlich breites, kuchenförmiges *Nebenkernorgan*, in dem man bald nur undeutlich (Fig. 42, 43), bald weit deutlicher (Fig. 44), eingelagerte, kugelige Körner wahrnimmt.

### 4. Ordnung. **Holothuroidea.**

*Fam. Aspidochirotae.* **Mesothuria intestinalis** (Asc. et Rathke) (Taf. XV, Fig. 45—50). Die Spermien dieses Tieres sind sowohl hinsichtlich der Gestalt ihres Kopfes als auch der Länge ihres Schwanzfadens von denen der Echinoideen sehr verschieden; dagegen erinnern sie betreffs ihrer Kopfform sehr an die Spermien der Asteroideen. Der *Kopf* ist bei den Spermien von Mesothuria eine von vorn und von der einen Seite her etwas abgeflachte Kugel (Fig. 45), und an dieser schief zugedrückten Fläche findet man in der Mitte eine rundliche, stark lichtbrechende, durch Rosanilin sich stark färbende Platte (Fig. 47), welche sich, von der Seite betrachtet (Fig. 45, 46, 48—50), als ein sich in die Kopfsubstanz ziemlich tief und schief einsenkender, dunkler Körper zeigt, der offenbar das *Perforatorium* darstellt. Das *Nebenkernorgan* bildet einen dem hinteren Umfang des Kopfes dicht anliegenden, gewöhnlich breiten, aber nicht besonders dicken Kuchen, in welchem die Zusammensetzung aus kugeligen Körnern oft deutlich wahrnehmbar ist. Die Anzahl dieser Körner ist bald auf nur wenige beschränkt (Fig. 47, 49, 50), bald aber bedeutender (Fig. 45, 46). Der an dem hinteren Kopfumfang befestigte Schwanzfaden ist, wie erwähnt, auffallend lang und läuft am hinteren Ende in ein ziemlich langes, feines *Endstück* aus.

**Stichopus tremula** (Gunn.) (Taf. XV, Fig. 51—57). Diese Spermien stehen denjenigen von Mesothuria dem Typus nach nahe. Sie ähneln aber noch mehr den Spermien von Antedon, Astropecten und Cribrella sowie auch denen der Ophiuriden. Der *Kopf* ist etwas kleiner als bei Mesothuria, kugelig, oder ein wenig von vorn-

aussen nach hinten zugedrückt. An seinem vorderen Umfang, etwas lateral von der Mitte, findet sich ein *Perforatorium* von rundlichem Umriss (Fig. 54) und nach vorn hin konvexer Gestalt; es besteht aus einem ringförmigen Fuss und einer hervorragenden, halbkugeligen, ganz hellen und durchsichtigen Blase (Fig. 51, 54—57). Am hinteren Umfang des Kopfes findet sich ein *Nebenkernorgan*, in dem man gewöhnlich eine Zusammensetzung aus kugeligen oder ovalen Körnern bemerkt; von der Seite betrachtet, zeigen sich hier 2—3 Körner (Fig. 51, 54—57); von hinten und schief von hinten sieht man zuweilen 4 Körner (Fig. 53). Die sie verbindende Substanz ist zuweilen reichlicher vorhanden (Fig. 52), wodurch sie teilweise verdeckt werden. Der *Schwanz*faden ist auffallend lang, ungefähr wie bei Mesothuria, und läuft hinten in ein langes, feines *Endstück* aus.

---

Aus der hier oben gegebenen Darstellung der untersuchten Spermien von 18 verschiedenen Echinodermen können folgende allgemeine Ergebnisse gezogen werden.

1. Die Spermien dieser Tiere sind im ganzen recht einfach gebaut. An allen kann man einen Kopf, einen Schwanzfaden und ein Nebenkernorgan scharf unterscheiden. Die letztgenannten beiden Teile sind im ganzen bei den untersuchten Tieren nur durch verschiedene Dimensionen charakterisiert, indem bei den einzelnen Tiersorten der *Schwanz*faden eine verschiedene Mittellänge, sonst aber eine gleiche Beschaffenheit darbietet: nämlich ein schmales Hauptstück und ein in der Regel gut abgesetztes, feines Endstück. Das *Nebenkernorgan* besteht aus einem dem hinteren Umfang des Kopfes dicht anliegenden und den Schwanzansatz umfassenden Substanzkuchen von variierender Grösse und Form, in welchem mehr oder weniger deutlich eine Anzahl kugeliger Körner wahrzunehmen ist; die diese Körner zusammenhaltende Masse ist von wechselnder Menge und kann zuweilen die Körner ganz verbergen. Der *Kopf* der Spermien der verschiedenen Ordnungen, Familien, Genera und Arten bietet teilweise auffallende Unterschiede, und zwar sowohl der *Gestalt* und *Grösse* nach, als hinsichtlich des *Perforatoriums.*

2. Der *Gestalt* nach kann man *erstens* zwei verschiedene Haupttypen der Spermienköpfe unterscheiden, nämlich die *konische* und die *sphärische.* Die *konische* ist für die Spermienform aller untersuchten *Echinideen* charakteristisch, die *sphärische* gehört den Spermien der *übrigen Ordnungen* an.

3. Bei den verschiedenen *Echinoideen* selbst lassen sich im ganzen nur geringe Unterschiede der Kopfform nachweisen; doch sind einige teils durch breitere, teils durch schmälere, teils durch grössere, teils durch kleinere Köpfe charakterisiert, wie dies sowohl aus den Beschreibungen, als aus den Figuren 1—44 der Taf. XV hervorgeht. Bei allen ist ein knopfförmiges *Perforatorium* vorhanden, obwohl es bei einzelnen Tiersorten (Echinocyamus) oft nur schwach angedeutet ist. Durch die Gestalt des Kopfes und des Nebenkernorgans nebst der Länge des Schwanzfadens lassen sich z. T. charakteristische Merkmale der Spermienformen dieser Tiere angeben.

4. Unter den mit *sphärischer Kopfform* versehenen Spermientypen sind diejenigen der *Crinoideen* und der *Ophiuroideen* einander am ähnlichsten, während einzelne der *Asteroideen* (Astropecten, Cribrella) auch hinsichtlich der Form des Perforatoriums sich denselben annähern und schliesslich auch unter den *Holothurioideen* einzelne Anklänge (Stichopus) vorkommen. Bei den übrigen Asteroideen (Solaster, Asterias) ist hinsichtlich der Ausbildung des Perforatoriums eine besondere Differenziation eingetreten, und eine etwas ähnliche ist gewissermassen unter den *Holothurioideen* bei Mesothuria vorhanden, indem sich das Perforatorium auch hier in die Kopfsubstanz eingesenkt hat. Diese verschiedenartige Ausbildung des Perforatoriums ist wohl von den verschiedenen Beanspruchungen bei dem Eindringen der Spermien durch die Eihüllen und die Rindenschicht der Eier hervorgerufen; erst durch besondere Studien dieser Vorgänge dürften diese verschiedenen Einrichtungen verstanden werden können. Hiermit hängt vielleicht auch die Verschiedenheit der Kopfformen, der konischen und der sphärisehen, zusammen.

5. Welche von den beiden Haupttypen der Kopfform die phylogenetisch ältere ist, lässt sich wohl bis auf weiteres nicht entscheiden. Doch ist es nicht unwahrscheinlich, dass der sphärische Typus der Crinoideen der ältere sei, indem dieser bei so weit divergierenden Ordnungen wie die der Asteroideen und Ophiuroideen einerseits und der Holothurioideen andererseits vorhanden ist; die sphärische Kopfform ist ja auch im allgemeinen als eine sehr primitive zu betrachten. Wenn nun dies richtig ist, so hat man die konische Kopfform der Echinoideen als eine aus der sphärischen enstandene, also phylogenetisch spätere, differenzierte oder spezialisierte aufzufassen.

Bei der Entwicklung der Spermien der Echinoideen entsteht auch immer die reife konische Form aus einer jüngeren sphärischen.

Durch fortgesetzte Untersuchungen der Spermien einer grösseren Anzahl von Echinoideen lassen sich vielleicht sowohl Zwischenformen der Spermien der Echinoideen und der anderen Ordnungen sowohl als andere noch unbekannte und möglicherweise das Problem erläuternde Spermienformen nachweisen.

6. Durch meine früheren Untersuchungen habe ich schon dargetan, dass der an den Spermien der Echinodermen hinter dem Kopfe befindliche Körper, das *Nebenkernorgan* (Mittelstück, Verbindungsstück), nicht nur ein aus dem Protoplasma entstandener Substanzklumpen ohne weiter nachweisbare Struktur ist, sondern, in eine mehr oder weniger reichlich vorhandene, verbindende Substanz eingelagert, eine Anzahl kugeliger Körner enthält, welche den von mir früher bei den Würmern (Polychäten u. s. w.) und bei vielen anderen Wirbellosen nachgewiesenen sowie auch den v. Brunn'schen Körnern an den Spermien der Wirbeltiere homolog sind und aller Wahrscheinlichkeit nach eine beachtenswerte Rolle spielen.

7 Was den *Centralkörper* betrifft, so scheint es, als ab derselbe gerade an dem Ansatze des Schwanzfadens am Kopfe in der Gestalt eines sehr feinen Körnchens vorhanden sei; es ist aber in den meisten Fällen sehr schwer, dies Gebilde sicher wahrzunehmen; in vielen Spermien scheint derselbe von so geringer Grösse zu sein, dass er sich der genauen Beobachtung entzieht.

8. Bei den Bastardierungsversuchen mit Repräsentanten aus den verschiedenen Ordnungen, v. a. mit denen, deren Spermien eine distinkt verschiedene Form des Kopfes haben, z. B. zwischen Asterioideen und Echinoideen, wäre es nicht ohne Interesse, zu erfaren, wie bei den erwachsenen Jungen dieser Bastardierungen, falls es möglich wäre sie so weit zu züchten, die reifen Spermien sich verhalten, d. h. wie sich der Typus derselben ausbildet.



3.

# Weitere Beiträge zur Kenntnis der Spermien

## mit besonderer Berücksichtigung der Kernsubstanz.

Taf. XVI—XX.

In den in den früheren Bänden (B. X—XIV) dieser meiner Biolog. Untersuchungen veröffentlichten Beiträgen zur Kenntnis der Spermien sind hin und wieder Spermienformen beschrieben worden, in denen stützende Elemente verschiedener Art vorkamen. Ein Teil dieser Formen waren ja schon mehr oder weniger bekannt und von anderen Forschern erwähnt oder geschildert. Andere solche Einrichtungen waren bis dahin noch nicht entdeckt worden, wie z. B. der Spiralfaserapparat am Kopfe der Spermien der Selachier [1]. Bei den Spermien gewisser Amphibien und Vögel (z. B. der Corvidae) waren sie auch nicht bekannt. Ebenso bei manchen Gastropoden. An denen der Singvögel kannten sie schon Schweigger-Seidel und von Brunn; E. Ballowitz beschrieb sie eingehend und genau u. s. w. Von manchen Forschern war ja schon ausserdem die Kopfkappe nebst dem Spitzenstück der Spermien, v. a. der Säugetiere geschildert, sowie auch oft hervorgehoben, dass der Kopf von einer dünnen, dicht anliegenden Hülle protoplasmatischer Herkunft umschlossen ist, in welcher ausserdem dickere Partien vorkommen können.

In den letzteren Jahren hat nun der russische Zoologe N. K. Koltzoff [2], grösstenteils ohne die Angaben seiner Vorgänger zu erwähnen und hervorzuheben, Stützapparate der Spermien verschiedener Tiere behandelt. Er hat ihnen dabei die neue Benennung »*Kopfskelett*» gegeben. Ob nun diese Neuerung einen wahren Fortschritt bedeuten mag, lasse ich dahingestellt. Ich finde die Bezeichnung *Stützapparat* und in manchen Fällen auch *Schutzapparat* o. d. weit geeigneter. Dies kann indessen als eine Geschmacksache aufgefasst werden. Obwohl also manches, was in diesen Abhandlungen hinsichtlich der Spermien geboten wird, für die Wissenschaft nicht neu ist, hat der Verfasser die Sache doch eingehender präzisiert und zusammengestellt und auch neue Tatsachen und Gesichtspunkte dargestellt, die von allgemeinem Interesse sind, und zwar besonders deshalb, weil sie die Regeln für die Gestaltung der Zellenformen behandeln. Es ist nun nicht meine Absicht, auf diese letztgenannte Frage, in welcher Koltzoff sehr beachtenswerte Ideen vorgebracht hat, hier einzugehen, sondern nur eine Anzahl von Spermienformen zu beschreiben, die ich seit dem Erscheinen meiner früheren Beiträge genauer untersucht habe.

Im allgemeinen ist es ja an den Spermien, auch an den reifen, leicht zu bestimmen, welche Teile derselben der Kernsubstanz angehören. Bei einer Anzahl von niederen Tieren stösst man jedoch hierbei auf Schwierigkeiten, welche zuweilen bedeutend sind. Dies ist z. B. unter den Crustaceen bei den Ostracoden und den Cirripedien der Fall; ebenso bei den Chätognathen und bei manchen Turbellarien, sowie bei den Trematoden und Cestoden [3]. Als ich bei meinen früheren Untersuchungen die Frage von der Lage und der Beschaffenheit der Kernsubstanz bei diesen Tieren zu eruieren suchte, benutzte ich teils das Beale'sche Karmin, teils die Biondi'sche Mischung, welche

---

[1]) Gustaf Retzius, *Ueber einen Spiralfaserapparat am Kopfe der Spermien der Selachier.* Biolog. Untersuchungen, N. F., Band X, 8, 1902.

[2]) N. K. Koltzoff, *Studien über die Gestalt der Zelle.* I. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 67, 1906. Und noch spezieller in den Abhandlungen: *Über das Skelett des tierischen Spermiums,* Biolog. Centralblatt, Bd. 26 N:o 23, 1906 und *Studien über die Gestalt der Zelle,* II, *Untersuchungen über das Kopfskelett des tierischen Spermiums.* Arch. f. Zellforschung Bd. 2, 1908.

[3]) Weil ich, wie mir Kollegen gezeigt haben, in meiner Beschreibung der Spermien der Cestoden und Trematoden im XIV. Bande dieser Serie S. 71—72 den *Cestoden* Amphiptyches urna unter den Trematoden unrichtig aufgefürt habe, erlaube ich mir hier diesen Fehler zu korrigieren.

sonst die Zellenkerne so spezifisch färben. Gerade bei diesen Schwierigkeiten darbietenden Spermien gelang es mir aber nicht, die Kernsubstanz mit einiger Sicherheit distinkt zu färben. In der letztzitierten Abhandlung von Koltzoff (vom J. 1908) fand ich nun, dass es ihm gelungen war, in den Spermien der Cirripedien und Turbellarien die Kernsubstanz mittelst der Biondi'schen Mischung sicher nachzuweisen.

Ich habe nun seitdem teils nach den in den Abhandlungen Koltzoff's gemachten Angaben, teils nach Anweisungen, welche er die Güte hatte, mir schriftlich mitzuteilen, an einer Anzahl von solchen »schwierigen» Spermien die Biondi'sche Färbung angewandt und bin nach verschiedenartigen Prüfungen dieser Methode im allgemeinen zu positiven Resultaten gelangt. Hierbei zeigte es sich, dass die gewöhnliche Methode (Behandlung des frischen Materials mit Sublimatlösungen und dann mit Biondi'scher Mischung und Einschliessen in Kanadabalsam) bei diesen Spermien nur selten distinkte Bilder gibt. Am besten gelang es mir, solche Präparate, nach der Angabe von Koltzoff, am *frischen* Material zu erhalten, welche in einfacher Weise kurz nach dem Zusatz der Biondi'schen Mischung im Mikroskope untersucht wurden; es ist aber dabei bei manchen solchen Spermien nötig, nicht zu viel der Mischung zuzusetzen, weil dann die Kernsubstanz durch die sie umgebenden Partien infolge zu starker roter Färbung der letzteren verdeckt wird. Solche Präparate halten sich zwar unter dem Deckgläschen nicht lange gut gefärbt, können aber von neuem gefärbt werden; beim Eintrocknen geht auch die richtige Farbe verloren.

Eine andere Methode, die ich recht gut gefunden habe, besteht darin, dass man nach der Fixierung der Streichpräparate mit Sublimatlösungen (auch Zenker'scher Mischung) sowie (nach Auswaschen mit Wasser) Färbung mit Biondi'scher Mischung direkt ohne weitere Behandlung (also nicht Alkohol-Xylol-Kanadabalsam) in der Wasserlösung die Spermien unter dem Mikroskope untersucht. Die Färbung wird indessen im ganzen nicht so schön und rein, wie bei der Behandlung des *frischen* Materiales mit der Biondi'schen Mischung.

Ich gehe jetzt zu der Darstellung der von mir diesmal untersuchten Spermienformen über, unter denen teils eine Anzahl von mir nicht früher beschriebener und abgebildeter, teils auch solche vorkommen, welche schon dargestellt, aber diesmal noch mit Biondi'scher Färbung untersucht worden sind. Auf den Taf. XVI—XX sind die Abbildungen aller dieser Spermienformen zusammengestellt worden. Auf den Taf. XVIII und XIX sind Spermien von verschiedenen Crustaceen, auf den Taf. XVI und XVII Spermien von einigen Coelenteraten und Würmern, auf der Taf. XX Spermien von einigen Mollusken und Fischen wiedergegeben. Weil diese Abbildungen klar und deutlich sein dürften, kann ich die Beschreibungen ganz kurz abfassen. Betreffs der in meinen früheren Mitteilungen schon geschilderten Spermienformen verweise ich im übrigen auf diese.

## Die Spermien der Coelenteraten.

(Taf. XVI, Fig, 1—12.)

Da ich schon in früheren Mitteilungen die Spermien von *Cyanea capillata* und *Aurelia aurita* beschrieben habe, nämlich im XI. Bande der Biol. Unters. für Cyanea und im XIV. Bande für Aurelia, kann ich auf dieselben hier hinweisen. Hier füge ich deshalb nur eine Anzahl von Figuren dieser Spermienformen hinzu, wie sie sich nach der Behandlung mit Biondi-Mischung zeigen.

Die Fig. 1—6 der Taf. XVI stellen solche Spermien von *Cyanea* dar, nämlich vier ganz reife und zwei nicht ganz reife. Von Interesse ist es, sicher zu erfahren, dass die Kernsubstanz fast bis zur Spitze des stark verschmälerten blaugrünen *Kopfes* hinausragt, um dort am äussersten Ende nur ein ganz kleines, rotgefärbtes *Perforatorium* zu tragen. Noch interessanter ist es aber, entscheiden zu können, dass der ovale Körper hinter dem Kopfe sich stark rot färbt und wahrscheinlich das den Centralkörper umschliessende Nebenkernorgan darstellt, sowie dass der hinter ihm, neben dem Schwanzfaden liegende kleine Sack nicht Kernsubstanz enthält, sondern offenbar protoplasmatischer Natur ist. Dass übrigens der Kopf von einer äusserst dünnen Hülle von protoplasmatischer Herkunft umgeben ist, sieht man besonders an nicht ganz reifen Spermien. An solchen erkennt man auch (Fig. 5, 6) deutlich den in dieser Hülle dem Kopfe entlang gelegenen feinen Faden, der sich rot färbt. Dieser Faden, welcher an Osmium-Rosanilin-Präparaten noch schärfer hervortritt und auch von mir an solchen auf Taf. XIII, Band XI (1904) der Biol. Unters. reichlich wiedergegeben und im Texte beschrieben wurde, ist an den reifen Spermien nach Biondi-Färbung weniger deutlich sichtbar; hin und wieder nimmt man aber auch an solchen Spermien diesen Faden sehr scharf (Fig. 1), dem Kopfe entlang verlaufend, wahr.

Was nun die Spermien von *Aurelia aurita* betrifft, so habe ich sie auch schon, wie erwähnt, im XIV. Bande der Biol. Unters. (1909) beschrieben und abgebildet (Taf. XXIV), so dass es hier nur nötig ist, die Ergebnisse der Biondi-Färbung zu besprechen. Die Fig 7—12 der Taf. XVI zeigen auch hier, dass die blaugrüne Kernsubstanz dem eigentlichen Kopfe entspricht, und dass die hinter diesem gelegene, einige grössere Körner enthaltende Partie rot gefärbt wird und offenbar das Nebenkernorgan enthält. Unreife Spermien (Fig. 11, 12) haben um den grünen Kern noch eine starke, rote, protoplasmatische Schicht, die später sehr reduziert wird und nur als eine äusserst dünne Hülle zurückbleibt, in welcher auch mehr oder weniger deutlich ein dünner Faden wahrnehmbar ist. Auch an diesen Spermien erkennt man oft hinter dem Nebenkernorgan einen hellen protoplasmatischen Anhang, der von Koltzoff und mir früher beschrieben und abgebildet worden ist. In seiner Abhandlung vom J. 1908 hat nämlich der russische Forscher die Spermien von Aurelia aurita nach Biondi-Färbung beschrieben und abgebildet.

## Die Spermien der Turbellarien.

(Taf. XVI, Fig. 13—20.)

### 1. Prostheceraeus vittatus Mont.

Im J. 1906 beschrieb ich mit Abbildungen die Spermien von *Prostheceraeus vittatus* (Biol. Unters., XIII. Band. S. 43, Taf. XIV, Fig. 2 und 3). Da es mir damals nicht gelang, mit Kernfärbungsmethoden den eigentlichen Kopf sicher nachzuweisen, drückte ich mich in Betreff der Deutung der verschiedenen Teile dieser Spermien vorsichtig aus, was wohl als richtig anzusehen ist. Ich erlaube mir, hier die betreffenden Schlussworte anzuführen: »Auch bei diesen Spermien ist man im Zweifel, wie man die einzelnen Partien deuten soll. Ich möchte den ganzen Schlauch als Kopf und die Geisselfäden als Schwanzanhang auffassen. Aber was stellt denn der Stabapparat vor? Entspricht er einem grossen Zentralkörperapparat oder dem Nebenkernorgan? Dies zu entscheiden ist vorläufig unmöglich, obwohl die letztere Erklärung mir wahrscheinlicher zu sein scheint.»

Da ich während der darauf folgenden Jahre keine frisch gefangenen Exemplare von Prostheceraeus bekommen konnte, wurde es mir unmöglich, diese Studien zu verfolgen. Im letzten Sommer erhielt ich aber neues Material und benutzte hierbei auch die Biondi'sche Färbungsmethode. Dadurch gelangte ich zu einer Auffassung der Organisation dieser Spermien, welche meine angeführte frühere Deutung bestätigt. In Fig. 13 liegt ein solches ganzes Spermium vor, an dem der lange, spitze Schlauch blaugrün gefärbt ist und dem Kerne entspricht. Er ist also der Kopf der Spermie. Derselbe steigt, wie auch meine früheren Figuren zeigten, als verschmälerter (grüner) Stab weiter nach hinten in das folgende Glied hinein, indem er hier von den zwei rotgefärbten, schmalen Stäben umfasst wird, von denen der eine etwas weiter nach vorne hin ragt als der andere. Das hintere Ende dieses letzteren Spermienstückes läuft hinten in einen rotgefärbten, sich allmählich zuspitzenden, frei endigenden Fortsatz aus, welcher etwas nach der Seite gebogen ist; am Übergang in diesen Fortsatz sind zwei lange, schmale Fäden befestigt, welche an jeder Seite abgehen und in verschiedenster Weise gerichtet sein können. Diese beiden Fäden, welche (mit Biondi-Mischung) auch rötlich gefärbt werden, sind bewegliche Cilien und stellen offenbar den *Schwanz*apparat dar. Das beschriebene mittlere Stück des Spermiums entspricht wohl dann dem Nebenkörperorgan, d. h. dem Verbindungsstück. In manchen Spermien kann man eine Zusammensetzung der in ihm gelegenen beiden Stäbe aus Körnerreihen wahrnehmen (Fig. 17, nach Osmium-Rosanilinbehandlung). Wo aber der Centralkörper-Apparat steckt, vermochte ich nicht sicher nachzuweisen. Er kann in dem erwähnten hinteren spitzen Fortsatz gelegen sein, oder auch befindet er sich an dem Ursprung desselben, dort, wo die beiden Schwanzfäden abgehen.

Es kommt aber noch eine Einrichtung hinzu, welche dem Kopfe der Spermie angehört. Schon an Osmium-Rosanilin-Präparaten (Fig. 15) erkennt man oft bei guter Färbung, dass dem Kopfe entlang ein schmaler, rotgefärbter Faden liegt, welcher gewöhnlich in Windungen vom vorderen Ende des längeren Stabes im Verbindungsstück bis zur vordersten Spitze des Kopfes verläuft. Man sieht diesen Faden besonders an solchen Köpfen, die etwas geschwollen sind (Fig. 15). Zuweilen erscheint auch dieser Faden selbst dicker und angeschwollen, wie die Fig. 16 zeigt. Er tritt aber auch an Biondi-gefärbten Spermien, besonders wenn der Kopf etwas geschwollen und dadurch verkürzt ist, als ein scheinbar spiralig gewundenes Gebilde hervor, und zwar an einer Seite des Kopfes gelegen; die Fig. 14 stellt hiervon ein schönes Beispiel dar.

Diese Befunde bei Prostheceraeus stimmen im ganzen mit den von Koltzoff bei einigen anderen Turbellarien gemachten überein; bei den Spermien von Procerodes und Monotus fand er somit einen langen, sich grün färbenden Kopfstrang mit einem roten, kurzen, spitz endigenden Fortsatz am hinteren Ende, sowie mit zwei roten Cilien, welche an derselben Stelle ausliefen; beim Monotus sah er am Kopfe einen roten, spiraligen Faden; dagegen scheint bei diesen Tieren das eigentliche Verbindungsstück gefehlt zu haben.

E. Ballowitz [1]) veröffentlichte im Jahre 1907 zwei Abhandlungen über die Spermien der Turbellarien, in welchen er eine durch Mazeration hervorgebrachte Spaltung sowohl des gröberen Fadens (»der Hauptgeissel») als der beiden feineren (»der Nebengeisseln») in mehrere feine Fibrillen beschrieb; diese drei Fäden können also nach ihm nicht dem Kopf entsprechen. Auch die kopfähnliche Spitze kann dies nicht sein. »Ein morphologisch unterscheidbarer 'Kopf' fehlt also den ausgebildeten Spermien von Dendrocoelum punctatum; es müsste denn sein, dass die ganze Hauptfaser einen solchen darstellte», sagt Ballowitz.

## 2. Turbellarie X (C?).

Ich habe aber diesmal noch eine andere Turbellarie mit Spermien von einer von denen des Prostheceraeus ganz abweichenden Form untersucht. Wie bekannt, ist es, wie auch Koltzoff betont, leider oft sehr schwer, diese Tiere sicher zu bestimmen oder bestimmt zu bekommen. Manches spricht aber dafür, dass diese Turbellarie derselben Art angehörte, deren Spermien ich in meiner Abhandlung 3 im XIII. Bande der Biol. Unters. S. 42, 1906 unter der Bezeichnung Turbellarie C beschrieben habe (oder die wenigstens derselben nahe verwandt war). Über die Deutung der Teile dieser Spermien blieb ich damals ganz zweifelhaft, weil es mir nicht gelang, bei ihnen eine Kernfärbung zu erhalten. Ich konnte also damals nicht Kopf und Schwanz, vorn und hinten, bestimmen; und ich äusserte deshalb: »Keine Abgrenzung in die gewöhnlichen Spermiumstücke, keine Zentralkörper u. s. w. Man steht vor diesen Spermien ratlos, und ich will keine weiteren Hypothesen über ihre Oganisation und deren Bedeutung machen». Ich veröffentlichte aber eine Abbildung einer solchen Spermie in starker Vergrösserung, aus welcher die genannten Schwierigkeiten verstanden werden dürften. Meine hier angeführte Äusserung betraf also *speziell die Spermien dieser Art* und nicht diejenigen der anderen drei von mir untersuchten Turbellarien, bei denen ich die betreffende Frage etwas näher berührte und teilweise bestimmter besprach. In seiner letzten, hierauf bezüglichen Abhandlung hat Koltzoff diese meine Äusserung als sich auf dem Bau der Spermien einer von mir untersuchten, unbestimmten Art beziehend angeführt. An einer späteren Stelle hebt er auch hervor, dass dieselbe diese zweite Form von Turbellaria-Spermien betrifft, was gerade richtig ist.

Dass ich hinsichtlich der Deutung der einzelnen Teile der Spermien eben dieser Turbellarien-Art »ratlos» wurde, kann wohl kein Erstaunen erwecken, so lange ich nicht die Lage der Kernsubstanz nachzuweisen vermochte. Ich habe mich immer bemüht, in den Deutungen nicht weiter zu gehen, als die Befunde es erlauben konnten. Koltzoff hat von dieser zweiten Spermienform nur wenige Abbildungen gegeben, und diese stimmen nur teilweise mit der von mir untersuchten überein. Ich gehe nun zur Besprechung derselben über. Diese Spermien zeigten einen lang ausgezogenen, fadenförmigen, an beiden Enden stark zugespitzten Typus; sie konnten sich aber »wurmartig» zusammenziehen und verkürzen, wobei sie auch breiter und zugleich höckerig wurden. Die Fig. 19 der Taf. XVI gibt ungefähr die normale, nicht zusammengezogene und Fig. 20 die zusammengezogene Gestalt solcher Spermien wieder. Die Fig. 18 stellt das vordere ausgestreckte Ende eines dritten Exemplares dar. Das hintere Ende dieser Spermien läuft stets in einen längeren oder kürzeren Faden aus (Fig. 19 und 20). Zarte, undulierende Membranen sah ich an ihnen nie.

Mit der Osmium-Rosanilin-Behandlung kam ich auch diesmal nicht weiter als früher. Dagegen enthüllte die Biondi-Färbung der frischen Spermien einen feineren Bau, obwohl sich auch hierbei Schwierigkeiten darboten. Bei zu starker Färbung verhüllte nämlich die rote Farbe den inneren Bau; bei genau abgewägter Einwirkung des Biondi-Gemisches trat in der Längsaxe der Spermie ein schmaler, blaugrüner Strang hervor, welcher bis zur Nähe der vorderen Spitze verschmälert und zugespitzt auslief und durch die Mittenaxe der Spermie ungefähr bis zum Anfang des dünnen Schwanzfadens reichte (Fig. 19 und 20), um dort stark verschmälert aufzuhören. Die diesen blaugrünen Strang, welcher also der Kernsubstanz entspricht, umhüllende rotgefärbte Substanz zeigte in ihr zahl-

---

[1]) E. Ballowitz, *Ueber den feineren Bau der Spermien der Turbellarien.* Verh. d. Anatom. Gesellsch. in Würzburg 1907. — *Ueber den feineren Bau der eigenartigen, aus drei freien dimorphen Fasern bestehenden Spermien der Turbellarien.* Arch. f. mikrosk. Anat. u. Entw.-gesch., Band 71, 1907.

reiche Körner (Fig. 19). In den stärker ausgestreckten Spermien (Fig. 18) trat der blaugrüne Kernstrang noch deutlicher hervor. Aber auch in den zusammengezogenen Spermien konnte ich hin und wieder den dann in verschiedenen, oft zahlreichen Windungen geordneten Kernstrang sehr schön verfolgen (Fig. 20).

Aus dieser Darstellung geht also hervor, dass bei dieser Spermienform die Kernsubstanz eine strangförmige Gestalt und axiale Lage bekommen hat, welche sich durch den allergrössten Teil der langen, schmal wurmförmigen Spermienkörper erstreckt. Man kann also hier kaum von einem Kopf sprechen, falls man nicht die ganze Partie, die den Kernstrang enthält, als Kopf betrachten und bezeichnen will, in welchem Falle der Schwanz den hinteren schmalen Faden ausmacht. Da aber die Bewegung dieser Spermien vom ganzen Spermiumkörper exequiert wird, ist wohl, wie bei den Spermien der Cirripedien und Chaetognathen, kaum eine berechtigte Veranlassung zu einer derartigen Bezeichnung vorhanden. Und ich hatte deshalb recht, als ich bei der früheren Untersuchung dieser Spermien davon abstand, eine Einteilung derselben in Kopf und Schwanz u. s. w. auszuführen. Leider ist es mir auch diesmal nicht gelungen, den Centralkörper-Apparat dieser Spermien nachzuweisen.

## Die Spermien der Myzostomiden.

(Taf. XVI Fig. 21—25.)

Die Spermien dieser merkwürdigen parasitischen, zu den Polychäten geführten Tiere sind, so weit ich finden kennte, bisher nur wenig genauer untersucht und beschrieben worden.

In seiner im J. 1840 zuerst in schwedischer Sprache veröffentlichten Abhandlung über Myzostoma besprach Sven Lovén [1]) auch die Spermien. Diese, welche beim Herausschlüpfen ins Seewasser sich lebhaft bewegten, »waren von der einfachsten Form, einem Vibrio gleich, und ihre Länge fand ich 0,024 mill. messend», äusserte Lovén. Er gab auch eine Figur von ihnen in der Gestalt eines kurzen und schmalen, S-förmigen Striches.

Semper [2]) gab im J. 1858 von den Spermien des Myzostomum tuberculosum eine Figur. Diese Spermien waren aber offenbar nicht reif, denn sie waren dazu gar zu kurz und dick, zuerst Halbmonde und dann kurze, ziemlich dicke Spiralen bildend. Er sagt darüber, dass sie schliesslich haarförmig, halbmondartig gekrümmt werden, um alsbald ihre Bewegungen zu beginnen und dann die spiralige Form anzunehmen.

In seiner Monographie über die Anatomie und Histologie der Myzostomen sagt Fr. Nansen [3]) hinsichtlich der Spermien folgendes: »Was die Beschreibung Graff's und der früheren Verfasser von der Form der Spermatozoen betrifft, so kann diese kaum ganz richtig sein. Ich habe immer an Schnitten, in welchen die Enden der Spermatozoen wahrgenommen werden konnten, an dem einen Ende eine recht schwache Verdickung gefunden, die vorn spitz war. Semper gibt ja auch an (so oft die Spermatozoen während ihrer Bewegung gegen etwas anstossen), eine Verdickung wahrgenommen zu haben, er glaubt aber, dass diese nur von dem Schleime der Samenblase herrührt. Da ich indessen nicht lebende *vollständig entwickelte* Spermatozoen beobachten konnte, vermag ich über ihre Form nichts mit Sicherheit auszusprechen; so viel kann jedoch gesagt werden, dass sie jedenfalls bedeutend länger und dünner sind als in der Zeichnung von Graff».

In seinerArbeit über die Befruchtung und die erste Entwicklung des Eies von Myzostoma glabrum vom J. 1898 hat Wheeler [4]) Abbildungen von zwei Gruppen (resp. 3 und 2) der fertigen Spermien dieses Tieres geliefert (Pl. III, Fig. 66 und 67). Sie bestehen hier aus einem langen, etwas dickeren, an beiden Enden allmählich zugespitzten und einem etwa noch 3-mal so langen, fein fadenförmigen Teil; in dem dickeren Teil liegt eingeschlossen eine Reihe rektangulärer dunkler Körnchen, deren Anzahl in den verschiedenen, in den Figuren abgebildeten Spermien wechselt (von etwa 24 bis auf 60—70). In der kurzen Figurenbeschreibung wird angegeben, dass die Präparate mit Osmium und Eisenalaunhämatoxylin behandelt waren. Eine Beschreibung der Spermien kann ich aber in seiner Arbeit nicht finden.

---

[1]) Sven Lovén, *Myzostoma cirriferum* Leuck.. *ett parasitiskt maskdjur.* K. Vetensk. Akad. Handl. 1840.

[2]) Carl Semper, *Zur Anatomie und Entwickelungsgesch. der Gattung Myzostoma* Leuckart. Zeitschr. für Wiss. Zool. Neunter Band, 1858.

[3]) Fridtjof Nansen, *Bidrag til Myzostomernes anatomi og histologi.* Bergens Museum. 1885.

[4]) William Morton Wheeler, *The Maturation, Fecundation and Early Cleavage of Myzostoma glabrum* Leuckart. Archives de Biologie. Tome XV, 1898.

Ich habe die Spermien von *Myzostoma cirriferum* Leuck. wiederholt untersucht, und dies sowohl frisch als nach Osmium- und Sublimatfixierung sowie mit verschiedenen Färbungsmethoden (Rosanilin-Kaliacetat, Eisenalaun-Hämatoxylin). Ich muss gestehen, dass ihre eigentümliche Organisation mich in Erstaunen versetzte, um so mehr als ich die von Wheeler gelieferten Figuren damals nicht kannte. Ich fand sie auffallend kompliziert, und zwar in noch höherem Grade als ich sie später in Wheeler's Abbildungen antraf. Schon in den mit Osmium-Rosanilin-Kaliacetat behandelten Präparaten sah ich sogleich die allgemeine Organisation der Spermien. Die Fig. 21 der Taf. XVI stellt eine solche bei der Vergröss. von Zeiss' Apochr. 2 mm Ap. 1,30 Komp. Okul. 12, und noch dazu 3-mal linear vergrössert, dar. Sie sind in der Tat lang, fadenförmig, vorn zugespitzt, ohne abgesetzten Kopf und bestehen aus einem langen und schmalen Faden, welcher vom vorderen bis zum hinteren Ende reicht. Am vorderen Drittel dieses Fadens liegt seitlich eine helle Substanz angeschlossen, an deren freiem Rande man eine Reihe von ovalen oder viereckigen Körnchen bemerkt.

Diese Körnchenreihe hat auch Wheeler abgebildet. Von dem langen Faden hat er aber nur die hinteren freien zwei Drittel wiedergegeben. Was die Anzahl der Körnchen betrifft, hat er sie an den einzelnen Spermien verschieden (etwa zwischen 24—70) gezeichnet. Ich zählte sie auf etwa 40—45. Nach vorn und hinten nimmt ihre Grösse ab, so dass sie nach den Enden hin ganz klein werden. Der Abstand zwischen ihnen ist überall ungefähr derselbe, etwa wie der kürzere Durchmesser der Körnchen selbst. Am vorderen Ende, wo der lange Faden zugespitzt ausläuft, fehlen die Körnchen in einer Strecke (Fig. 21 und Fig. 24). Diese Körnchen, in denen man keine weitere Struktur wahrnimmt, liegen nun in die helle, am langen Faden als eine schmale seitliche Flossenmembran angeheftete Substanz, nämlich in deren Randpartie, eingebettet. Mit Osmium-Rosanilin-Kaliacetat färben sie sich intensiv rot, während die genannte helle Substanz und der lange Faden nur schwach rötlich werden. Der Faden bildet sehr oft einige längere Windungen. Am hinteren Ende der allmählich zugespitzten hellen Substanz läuft dann der Faden frei hinaus und reicht, wie erwähnt, etwa doppelt so lang nach hinten hin, um am hintersten Ende zugespitzt auszulaufen.

In welcher Weise lassen sich nun die verschiedenen Partien dieser Spermien deuten? Sind die Körnchen vielleicht Chromosomen oder sind sie als Nebenkernorgan aufzufassen? Wo findet sich die eigentliche Kopf- und Kernsubstanz? Was stellt der lange Faden dar?

An den Osmiumpräparaten liess sich dies nicht entscheiden. Deshalb versuchte ich es schon vor zwei Jahren mit kernfärbenden Mitteln (mit Karmin und Biondi'schem Gemisch), kam aber nicht zu einer endgültigen Entscheidung. Im letzten Sommer nahm ich die Untersuchung mit Biondi'schem Gemisch wieder auf und erhielt, besonders beim frischen Material, in mehrerer Hinsicht überzeugende Bilder. Die Fig. 22 und 23 der Taf. XVI geben zwei in dieser Weise behandelte Spermien wieder. In beiden sieht man, wie an allen mit Biondi-Gemisch behandelten Spermien von Myzostoma, dass die Körnchenreihe nicht blaugrün, sondern intensiv rot gefärbt wird und also jedenfalls nicht Chromosomen, d. h. nicht Kernsubstanz, darstellt oder enthält. Dann zeigte es sich auch, dass der lange Faden nicht blaugrün, sondern nur sehr schwach rot wurde; er stellt also ebenfalls nicht Kernsubstanz dar, sondern ist offenbar nur ein langer Stütz- und Schwanzfaden. Dagegen nahm die helle Substanz, in welcher die roten Körnchen eingebettet liegen, eine bläulichgrüne Farbe an. Diese war zwar im allgemeinen nicht stark, aber zuweilen ganz deutlich ausgesprochen. Ich kann also nicht umhin, diese Substanz, obwohl sie keine starke grüne Färbung aufnahm, als die Kernsubstanz zu betrachten. Andere blaugrün sich färbende Teile fand ich in diesen Spermien nicht. Bis auf weiteres vermag ich deshalb nur die angegebene Deutung zu liefern. Was die Körnchenreihe betrifft, so kann ich sie auch bis auf weiteres nur als zum Nebenkernorgan gehörig betrachten. Einen Centralkörperapparat vermochte ich leider nicht nachzuweisen. Ich versuchte auch, an den sich entwickelnden, noch nicht reifen Spermien einen solchen zu finden, aber ohne Erfolg. Die Fig. 25 stellt in schwächerer Vergrösserung ein unreifes Spermium nach Osmium-Rosanilin-Behandlung dar; man sieht hier an dem noch umgebeugten, von einem Protoplasmaklumpen umhüllten vorderen Teile die Körnchenreihe schon deutlich angelegt.

Von besonderem Interesse war es sowohl an den lebenden, wie an den mit Biondi-Gemisch gefärbten, eben abgetöteten Spermien die spiralige Anordnung des Fadens und der ihm angehefteten, bläulich-grün gefärbten, hellen Substanz wahrzunehmen (Fig. 23). Die letztere hat hier in der Tat die Gestalt einer spiraligen Flossenmembran. Es war mir aber nicht möglich, zu entscheiden, ob auch diese oder nur der Faden die Bewegung der Spermien bewirkt.

Wie aus dieser Darstellung hervorgeht, gehören die Spermien von Myzostoma zu den eigentümlicheren, am meisten differenzierten Spermien des Tierreichs. Die Zusammensetzung derselben ist zwar hinsichtlich ihrer Form

dargelegt worden, in Betreff der Deutung ihrer Teile aber noch nicht ganz gesichert. Hier, wie gewöhnlich in solchen Fällen, muss man auf den Ausschlag einer genauen Untersuchung der Spermiogenese hinweisen.

Was schliesslich die Frage von der Stellung der Myzostomiden im zoologischen Systeme betrifft, so hat die Kenntnis von ihren Spermien keine Hinweise oder Beweise liefern können. Mit der Organisation der Spermien der Polychäten im allgemeinen ist jedenfalls gar keine Verwandtschaft vorhanden.

## Die Spermien der Nematoden.

(Taf. XVII, Fig. 1—31.)

Weil es mir von Interesse zu sein schien, die Spermien einiger Nematoden in Bezug auf die Anordnung ihrer Kernsubstanz zu untersuchen, benutzte ich im letzten Sommer die Gelegenheit, die reifen Spermien von Repräsentanten von drei an der schwedischen Meeresküste lebenden Tierarten dieser Ordnung mittelst der Biondi'schen Färbungsmethode zu studieren. Die genaue Bestimmung der untersuchten Tiere verdanke ich dem Kollegen Herrn Intendant Dr. L. Jägerskiöld, und ich erlaube mir ihm hierfür meinen herzlichen Dank auszusprechen. Die Tiere gehörten drei verschiedenen Genera an und waren *Thoracostoma acuticaudatum* Jägerskiöld, *Cylicolaimus magnus* Villot und *Oncholaimus vulgaris* Bast. Ausserdem habe ich vor einigen Jahren auch die Spermien von dem im System der Nematoden gewöhnlich angehängten *Gordius aquaticus* L., den ich ebenfalls im frischen Zustande von einem Kollegen, Herrn Intendant Prof. E. Lönnberg, zur Untersuchung erhalten habe, möglichst genau studiert.

Es war zwar meine Absicht, diese Untersuchungen auch auf eine Anzahl anderer Nematoden auszudehnen, ich musste dies aber aus Mangel an Zeit bis auf weiteres aufschieben. Auch unter den zu dieser Ordnung geführten Tiere finden sich offenbar verschiedene Bau- und Strukturverhältnisse, welche verdienen, eingehender und in grösserem Umfang, und zwar besonders mit Rücksicht auf phylogenetische und verwandtschaftliche Fragen studiert zu werden. Diesmal muss ich mich darauf beschränken, nur von den eben genannten Tieren die Form und Struktur der Spermien mit besonderer Berücksichtigung der Kernsubstanz darzustellen.

Was die früheren Untersuchungen der Spermien der Nematoden betrifft, sind schon seit lange v. a. diejenigen der Ascariden und der Oxyuris beschrieben und abgebildet worden. Die Spermien anderer Nematoden sind auch gelegentlich in den Spezialarbeiten über diese Tiere gelegentlich erwähnt und dargestellt. In der mir zugänglichen Literatur habe ich die genaueste Berücksichtigung derselben in einer Monographie von De Man gesehen. Ich beschränke mich deshalb diesmal darauf, seine Angaben anzuführen. De Man [1]) gab nämlich in seiner Monographie über die Nordsee-Nematoden mit stark vergrösserten Figuren versehene Beschreibungen der Spermien der von ihm behandelten 6 Arten. Diese Spermien zeigten teils eine mehr sphärische, teils eine elliptische oder birnförmige, an einem Ende zugespitzte Gestalt; bei einer Art waren sie abgeplattet, mehr ausgezogen, stabförmig und an einem Ende abgestutzt; bei einer anderen Art meint De Man amöboide Bewegungen der Spermien gefunden zu haben. Nach aussen ist die umkleidende Membran von einer dünnen, durchsichtigen Schicht umgeben, welche nach ihm anschwellen kann. Innerhalb der Membran liegt die eigentliche z. T. körnige Zellsubstanz mit dem durch Essigsäure scharf nachweisbaren, in der Zellaxe gelegenen Kern; dieser kann verschieden geformt sein, ist zuweilen abgeplattet und zeigt oft höckerige Konturen; ein Kernkörperchen ist zuweilen nachweisbar. Eine birnförmige Gestalt der Spermien haben folgende Arten: *Enoplus communis* Bast., *Enoplus brevis* Bast., *Anticoma pellucida* Bast. Eine mehr rundliche Form zeigen die Spermien von *Tripyloides vulgaris* De Man und von *Oncholaimus fuscus* Bast., während *Euchromadora vulgaris* Bast. die kurz stabförmige, abgeplattete und hinten abgestutzte Gestalt der Spermien besitzt.

Unter den von mir untersuchten drei echten Nematoden hat nur eine Sorte die elliptische oder ovale, eine andere die sphärische Form der Spermien, während die dritte zwar auch die sphärische, aber mit Übergang zu der birnförmigen Gestalt darbietet.

[1]) I. G. De Man, *Anatomische Untersuchungen der freilebenden Nordsee-Nematoden*, 1886.

### Thoracostoma acuticaudatum Jägerskiöld.

(Taf. XVI, Fig. 1—9.)

Diese Spermien haben eine lang ovale, zuweilen beinahe elliptische Form. Die Fig. 1 und 5—8 geben in der Seitenansicht ein solches Spermium in der Vergrösserung von Zeiss' Appochrom, 2 mm Ap. 1,30, Komp. Ok. 12 wieder, und die Fig. 9 stellt ein ähnliches Exemplar in noch 3 mal stärkerer linearer Vergrösserung dar, alle im optischen Längsschnitt. Die Fig. 2, 3 und 4 sind Abbildungen der Spermien, von dem einen Ende betrachtet, im optischen Querschnitt.

Wie man aus diesen Figuren sieht, wechselt die Form dieser Spermien nur wenig. Die meisten sind indessen an dem einen Ende schmäler, stumpf zugespitzt; nur eine (Fig. 7) ist stärker spitzig, während in Fig. 5 und 6 mehr elliptische Formen vorliegen. Der Querdurchschnitt ist beinahe rund (Fig. 2, 4) oder ein wenig oval (Fig. 3).

Durch Behandlung der frischen Spermien mit der Biondi-Mischung bekommt man eine sehr deutliche Färbung der *Kernsubstanz*, indem der mittlere axiale Inhalt des Spermiums stark blaugrün hervortritt, während sich die peripherischen Teile rings um den Kern rötlich färben. Der Kern stellt einen länglichen Körper dar, welcher stets eine eigentümlich gezackte Oberfläche darbietet, indem seine Substanz in verschiedener Weise Fortsätze nach aussen aussendet; im übrigen lässt sich bei dieser Färbung keine weitere Struktur im Kern wahrnehmen. Die die Kernsubstanz umschliessenden, rötlich gefärbten Partien zeigen einen undeutlich *körnigen Bau;* besonders in der peripherischen Schicht treten diese verhältnismässig grossen, hellen, von dem Säurefuchsin nur schwach gefärbten Körner deutlicher hervor (Fig. 1—7) und erscheinen zuweilen als nach der Oberflächenregion hervorragende, rundliche Lappen (Fig. 3, 4, 5). Nach der Behandlung mit schwacher Osmiumlösung, Rosanilin und Kaliacetat (Fig. 8 und 9) treten die kugeligen *Körner* noch viel deutlicher hervor, und man erkennt, dass sie die ganze, den Kern umgebende Substanz bis zur Nähe der Oberfläche einnehmen, indem sie in einer nur ziemlich sparsamen, sich rötlich färbenden Substanz liegen. Die Körner sind selbst hell, beinahe ungefärbt und im ganzen verhältnismässig gross. Dass diese den Kern umschliessende, relativ recht dicke Substanzschicht den Protoplasmakörper der Spermiumzelle darstellt, ist offenbar und durch das Studium der in den Präparaten oft vorkommenden jüngeren Entwicklungsformen leicht nachzuweisen. Wahrscheinlich entsprechen die kugeligen Körner, wenigstens teilweise, dem Nebenkernorgan anderer Spermienformen; sie ähneln in der Tat in hohem Grade den Körnern dieses Organs bei anderen Tieren. Den Centralkörperapparat konnte ich in den in dieser Weise präparierten Spermien nicht nachweisen; dazu sind Schnittpräparate und die besonderen Färbungsmethoden nötig.

Ringsum das ganze Ei findet sich schliesslich eine durchsichtige, wahrscheinlich chitinöse *Haut*, welche das Ei überall umschliesst. In der Fig. 9 sieht man sie am besten, bei der sehr starken Vergrösserung.

### Cylicolaimus magnus Villot.

(Taf. XVII, Fig. 10—21.)

Diese Spermien repräsentieren die sphärische Form. Sie sind auch auffallend kleiner als diejenigen des Thoracostoma. Ihre Zusammensetzung ist aber diesen ähnlich, weshalb ich ihre Beschreibung kurz machen kann. Mit dem Biondi-Gemisch färbt sich, besonders schön im frischen Zustande, die centrale Partie der Sphären blaugrün (Fig. 10—19) mit nach aussen ausschiessenden knotigen oder stacheligen Fortsätzen, und die diese *Kern*substanz umgebende peripherische Partie nimmt die rote Farbe auf. In dieser letzteren, dem *Zellprotoplasma* entsprechenden Substanz nimmt man mehr oder weniger deutlich verhältnismässig grosse, kugelige *Körner* wahr, welche als helle, ungefärbte oder sehr schwach rötliche Gebilde weniger dicht als bei Thoracostoma in der umgebenden rotgefärbten Substanz liegen; sie zeigen sogar eine gewisse zerstreute Anordnung (Fig. 12) in derselben. Nach der Behandlung mit Osmium-Rosanilin-Kaliacetat (Fig. 13) treten diese Körner auch in derselben Weise deutlich hervor. Ich bin auch hier geneigt, obwohl ich direkte Beweise hierfür nicht besitze, in diesen Körnern die Vertreter der Körner des Nebenkernorgans zu erblicken. Nach aussen von dieser Zellsubstanz, und sie dicht umschliessend, findet sich eine dünne, ziemlich steife *Kapselhülle*. Diese Hülle zeigt recht oft kleine Erhabenheiten (Fig. 10), welche bald als schwach entwickelte Stacheln oder Körnchen erscheinen. Die Grösse und Gestalt dieser Spermien kann, wie die Figuren der Tafel zeigen, etwas oval sein (Fig. 16, 18), andere sind etwas unregelmässig sphärisch.

### *Oncholaimus vulgaris* Bast.

Taf. XVII, Fig. 22—31.

Die Spermien von diesem Nematoden sind, wie erwähnt, im ganzen auch sphärisch, aber an einer Seite gewöhnlich mit einer Erhabenheit versehen, welche verschiedene Grösse und Dimensionen haben kann (Fig. 23—30), wodurch die Gestalt mehr oder weniger birnförmig wird (Fig. 29, 30). Nach der Behandlung der frischen Spermien mittelst der Biondi-Methode färbt sich, wie bei den Spermien von Cy licolaimus, in der centralen Partie derselben der hier befindliche Kern in der Gestalt eines mit mehr oder weniger hinausschiessenden, knotigen oder stacheligen Fortsätzen versehenen und unregelmässigen, blaugrünen Körpers. Ringsum ihn findet sich das sich hierbei rötlich färbende Zellprotoplasma mit den eingelagerten hellen, fast ungefärbten, kugeligen Körnern. An einer Seite tritt in dieser peripherischen Zellschicht ein stark rot tingierter, mehr oder weniger runder Körper auf (Fig. 22), welcher zuweilen ringförmig erscheint (Fig. 23, 24) und in einem erhabenen Fortsatz des Spermiums seinen Platz einnimmt (Fig. 24—27, 29); dieser Fortsatz kann dann die schon erwähnte grössere Entwicklung nehmen, welche die Fig. 30 darstellt. Was die Natur dieses sich rotfärbenden Körpers betrifft, wage ich keine Ansicht zu äussern, da ich keine Tatsachen fand, die zu einer sicheren Deutung führen konnten; man kann zwar in dieser Hinsicht an das Centralkörperorgan und das Nebenkernorgan denken, besonders das erstere, man weiss aber in dieser Beziehung nichts, und nur das Studium der Spermiogenese kann dies entscheiden.

### *Gordius aquaticus* L.

Taf. XVII, Fig. 32—37.

Als ich vor einigen Jahren von meinem Freunde Prof. Einar Lönnberg einen lebenden Gordius zur Untersuchung bekam, benutzte ich sogleich die Gelegenheit, die Spermien zu studieren. Ich teile deshalb nun im Anschluss an die obige Darstellung der Spermien einiger echter Nematoden die schon vor längerer Zeit gemachten Abbildungen der Spermien von Gordius mit. Wie man aus diesen Abbildungen (Fig. 32—37) sieht, ist ihre Zusammensetzung recht kompliziert und nicht leicht zu deuten. Aus den Fig. 32, 34—36 wäre man wohl am meisten zu dem Schlusse geneigt, dass die untere, ovale Partie dem Kerne, d. h. dem Spermiumkopfe entspreche. Leider untersuchte ich nicht sogleich diese Spermien im frischen Zustande nach der Biondi-Methode. Weil ich aber mehrere Präparate dieser Spermien besass, welche mit Zenker'scher Lösung fixiert waren, so behandelte ich solche später nach Biondi und erhielt dabei eine Färbung der Spermien, wie die in Fig. 37 wiedergegebene. Hier tingierte sich also der genannte ovale (untere) Teil rötlich, der obere, schmal konische grünlich. Infolgedessen muss ich den letzteren Teil als die *Kern*substanz auffassen.

Eigentlich lassen sich an diesen Spermien drei Teile unterscheiden, der untere ovale, der obere schmal konische oder tütenförmige und der in seiner Axe gelegene stabförmige. In einzelnen Spermien (Fig. 33) sieht man diesen stabförmigen Teil mit einem im unteren Teil befindlichen Körper zusammenhängen; gewöhnlich ist aber dieser letztgenannte Körper nicht wahrnehmbar, so dass ich über seine wirkliche Beschaffenheit nichts näheres kenne. Ich werde mich deshalb hauptsächlich an die in Fig. 32 und Fig. 37 sichtbaren Teile halten. Der untere ovale Teil spitzt sich nach unten hin etwas zu und zeigt oft eine an der Spitze und an der Basis gesammelte Substanz, deren Partien oft durch einen seitlichen Strang verbunden sind; nach der Osmium-Rosanilin-Behandlung zeigt sich diese Substanz rotgefärbt und ist wohl als protoplasmatisch (z. T. als Nebenkernorgan?) anzusehen. Offenbar findet sich um die ovale Partie eine dünne, protoplasmatische Hülle.

Die obere tütenförmige Partie welche sich mit Biondi-Gemisch grünlich färbte, zeigte keine weitere Struktur; in ihrer Mittelaxe liegt der fingerähnliche Stab, welcher sich nach dem oberen freien, aber von der tütenförmigen Partie stets umgebenen Ende verschmälert und stumpf zugespitzt ausläuft; gewöhnlich ist dieser Stab gerade, er kann aber auch etwas gebogen sein (Fig. 34—36). In den Biondi-Präparaten scheint sich der Stab rötlich zu färben. Es wäre indessen von Interesse, noch einmal die Biondi-Färbung, und zwar an frischem Material prüfen zu können, sowie auch die Entwicklung und Ausbildung dieser Spermien eingehend zu verfolgen.

## Die Chaetognathen.

### Sagitta bipunctata Quoi et Gaimard.

Taf. XVII, Fig. 38—41.

Schon seit Jahren habe ich versucht, die Organisation der Spermien von Sagitta zu eruieren. Sie boten aber immer Schwierigkeiten dar. Im letzten Sommer prüfte ich wieder am frischen Material die Biondi'sche Färbung und erhielt einige Bilder, welche mir hinreichend erläuternd zu sein scheinen, um hier einige Figuren und eine kurze Beschreibung dieser Spermien mitzuteilen.

Die allgemeine Form dieser Spermien ist längst bekannt. Oscar Hertwig beschrieb sie schon in seiner berühmten Monographie »Die Chaetognathen» (Jen. Zeitschr. f. Naturv., XIV, 1880) als feine, zugespitzte Fäden und er bildete sie als solche ab. Andere Autoren stimmten ihm bei.

Diese Spermien sind in der Tat im reifen Zustande solche feine, lange, an beiden Enden zugespitzte Fäden, welche sich mit ihrem ganzen Körper äusserst lebhaft bewegen. Von einer Einteilung derselben in Kopf und Schwanz ist nichts wahrzunehmen. Ich habe in der Fig. 41 der Taf. XVII eine solche Spermie in der Vergröss. von Zeiss' Apochr. 2 mm Apert. 1,30, Komp. Ok. 12 abgebildet, und in den Fig. 38 und 39 zwei solche in noch weit stärkerer Vergrösserung (noch 3 mal linear) wiedergegeben. Man erkennt an den in wellenförmigen Biegungen befindlichen fadenförmigen Gebilden keine Unterabteilungen und keine Struktur. Verschiedene Fixierungs- und Färbungsmethoden wurden versucht, aber ohne zum Ziel zu gelangen. Schliesslich wurde jedoch, wie oben erwähnt wurde, mit der Anwendung des Biondi-Gemisches an frischem Material eine differenzierende Färbung erlangt, indem in der Axe der einen Endpartie des Fadens ein blaugrün tingierter Strang hervortrat (Fig. 40), welcher von einer rötlich gefärbten Umhüllung umgeben war. Ich glaube deshalb, dass man aus diesem Befunde den Schluss ziehen kann, dass die Kernsubstanz strangförmig ausgezogen ist und in der Axe der fadenförmigen Spermie eingeschlossen liegt. Wie weit sich dieser Strang erstreckt, wurde mir nicht klar. Sicherlich läuft er noch weiter als in der hier gegebenen Abbildung (Fig. 40). Dieses, den Strang enthaltende Ende des Spermiums ist wohl als Vorderende zu bezeichnen.

## Spermien von Crustaceen.

Taf. XVIII und XIX.

### 1. Cirripedien (Taf. XIX, Fig. 1—14).

Die Spermien der Cirripedien sind in ihrer allgemeinen Form schon seit lange bekannt. Hinsichtlich der wichtigeren geschichtlichen Data verweise ich auf meine im XIV. Bande der Biolog. Untersuchungen veröffentlichten Abhandlung über die Spermien der Crustaceen, S. 14 u. folg. (1909). An den Spermien von *Balanus* hatte ich, wie K. und E. Ballowitz, nur eine Trennung der aus einem langen Faden bestehenden Spermie in zwei parallel verlaufende Fäden (von denen nach E. Ballowitz der eine durch Mazeration noch weiter in Fäserchen zerfällt) nachweisen können, ohne dass es uns gelungen war, die Kernsubstanz sicher darzulegen. Inzwischen hatte Koltzoff in seiner späteren Arbeit über das Kopfskelett des tierischen Spermiums, welche Arbeit durch die gütige Zusendung des Verfassers mir, obwohl erst nach der Veröffentlichung meiner genannten Abhandlung, bekannt wurde, bei Lepas pectinata und Balanus improvisus durch die Behandlung mit Biondi'scher Mischung nachgewiesen, dass der eine (der dickere) der Fäden, aus denen jene Spermien bestehen, sich mit Methylgrün stark grün färbt und also aus Kernsubstanz besteht.

In meiner eben angeführten Abhandlung vom J. 1909 beschrieb ich eingehender, mit Abbildungen, die Spermien von *Lepas*, bei denen ich folgende Teile gefunden hatte: einen langen Faden, den ich als einen Schwanzfaden deutete; einen kürzeren Faden, welcher »vielleicht der Kopf- oder Kernsubstanz entsprechen kann», den ich indessen nicht mit Beale'schem Karmin zu färben vermochte, weshalb ich mich hinsichtlich seiner Kernnatur so vorsichtig äusserte, und schliesslich zwischen diesen beiden Fäden eine teilweise körnige Substanz, die ich als vielleicht dem Verbindungsstück entsprechend ansah.

Im letzten Sommer konnte ich leider keine Spermien von Lepas bekommen. Ich untersuchte indessen diejenigen von Balanus, und zwar sowohl von *Balanus balanus* und von *Balanus balanoides*. Die Spermien dieser beiden Arten sind einander so ähnlich, dass ich sie zusammen beschreiben kann. Für die Darstellung der Kernsubstanz war, wie Koltzoff gezeigt hatte, die Biondi'sche Färbungsmethode entscheidend. Bei den von mir untersuchten Arten erwies sich aber der Kernfaden verhältnismässig bei weitem viel länger und schmäler als bei der von Koltzoff untersuchten. Bei den meinigen bestehen die reifen Spermien, wie die Fig. 1—3, 13—14 der Taf. XIX zeigen, aus zwei sehr schmalen Fäden, von denen sich der eine mit Biondi'scher Mischung scharf rot, der andere scharf blaugrün färbt. Der rote Faden ist stets der längere; er reicht an beiden Enden weiter und schiesst an dem einen Ende, welches sich offenbar als das vordere erweist, nicht so weit über den grünen Faden hinaus, als es an dem anderen (hinteren) Ende stets der Fall ist. Beide Fäden sind von ungefähr gleicher Dicke, und sie spitzen sich, besonders stark der rote, an beiden Enden allmählich zu. Sie liegen dicht nebeneinander, ohne sich umeinander zu schlingen, obwohl sie sehr oft, ja gewöhnlich, mehr oder weniger gewunden sind, wobei der eine Faden sich zuweilen etwas stärker windet als der andere (Fig. 2, 3). Die Fig. 3 ist schwächer vergrössert, bei Zeiss' Apochrom. 2 mm Ap. 1,30 und Okul. 12 abgebildet. Die Fig. 1, 2, 13 und 14 sind noch dazu 3 mal linear vergrössert, um die Verhältnisse deutlicher wiedergeben zu können. An den meisten reifen und beinahe reifen Spermien von Balanus trifft man nicht weit von dem vorderen Ende eine elliptische, sich mit Biondi rot färbende Verdickung (Fig. 1, 13, 14), welche sich dem roten Faden anschliesst, ohne mit dessen Substanz direkt zusammenzuhängen; diese Partie ist offenbar protoplasmatischer Natur und setzt sich äusserst verdünnt als eine Art Hülle nach vorn und hinten hin fort.

Weil es von Interesse ist, zu erfahren, wie sich diese beiden Fäden der Spermien von Balanus ausbilden, gebe ich auf derselben Tafel in den Fig. 4—12 und in derselben Vergrösserung, wie die reife Spermie in Fig. 3, einige unreife Spermien bis in die frühesten Stadien wieder. Man sieht in diesen Figuren, wenn man die Entwicklung rückwärts verfolgt, wie die beiden Fasern, die rote und die blaugrüne, kürzer und dicker werden, wobei aber die blaugrüne allmählich spindelförmig (Fig. 6, 7), dann sphärisch (Fig. 8, 9) und zuletzt, in den frühesten Stadien ganz der Quere nach elliptisch wird (Fig. 10, 11, 12). Die rote Substanz verwandelt sich, fortwährend in rückläufiger Entwicklung betrachtet, von einem Faden zu einem Halbmond mit kurzem Schwanz (Fig. 8), zu einem solchen ohne Schwanz (Fig. 7) und schliesslich zu einer zweizipfeligen oder bikonischen Zelle, den Protoplasmakörper dieser Zelle bildend, während der querliegende grüne Kern deren Mitte einnimmt.

Der Entwicklungsgang sowohl des Kernfadens als des Stützfadens, resp. Schwanzfadens, dieser Spermien ist also verständlich.

Einen Centralkörper ist es mir bisjetzt noch nicht gelungen, in diesen Spermien nachzuweisen.

## 2. Isopoden (Taf. XVIII, Fig. 1—13).

Im XIV. Bande der Biol. Unters. habe ich schon die Spermien von *Asellus aquaticus* näher beschrieben und abgebildet. Infolge nicht gelungener Kernfärbungsversuche konnte ich derzeit die Lage der eigentlichen Kernsubstanz in dem Kopfe dieser Spermien nicht präzisieren. Auch bei den Onisciden gelang es mir nicht, die innere Zusammensetzung des Kopfes sicher zu eruieren, weshalb ich die Beschreibung der Spermien dieser Tiere aufschob. Ich werde deshalb, nach der Benutzung der Biondi'schen Methode, hier in Fig. 1 der Taf. XVIII die Abbildung eines solchen Spermiums von Asellus und in einigen anderen Figuren auf derselben Tafel Abbildungen der Spermien von einer *Oniscide* mitteilen. Schliesslich gebe ich hier noch einige Abbildungen von Spermien einer parasitischen Isopode, eines *Bopyrus*, als interessantes Beispiel einer degenerierten oder sehr primitiv gebliebenen Spermienform.

### Die Spermien von Asellus aquaticus L.

Taf. XVIII, Fig. 1.

Die Fig. 1 stellt bei starker Vergrösserung (Zeiss' Apochrom. 2 mm Ap. 1,30, Komp. Ok. 12, 3-malige lineare Vergröss.) den Kopf nebst dem Anfang des Schwanzfadens dar. Wie ich schon in der Beschreibung im

XIV. Bande der Biol. Unt. S. 18—19 hervorhob, kann man an dem Kopfe dieser Spermien drei Abteilungen erkennen, nämlich, vom Schwanzfadenansatz gerechnet, zuerst eine schmale cylindrische, dann noch eine cylindrische, etwas stärkere und sich nach aussen hin ein wenig verdickende, und schliesslich eine sich weit stärker verdickende, eine glänzende Substanz enthaltende, am Ende zugespitzte Abteilung. Ich betonte dabei auch, dass diese Spermien sich sehr leicht verändern, indem ihr Inhalt z. T. tropfenförmig zerfliesst. Ferner bemerkte ich, dass ich anfangs die erstgenannte Abteilung des Kopfes als zum Centralkörper gehörig auffasste, bald aber den wahren Centralkörperapparat in ihm entdeckte, welcher am Schwanzfadenansatz liegt und aus einem Korn sowie aus einem von diesem ausgehenden Stäbchen besteht, der an dem unteren Umfang des Kopfes gelegen ist.

Nach der Behandlung mittelst der Biondi-Mischung erkennt man nun, dass die ganze erste, schmal-cylindrische Abteilung des Kopfes mit Ausnahme von einem kleinen Stäbchen hinten an dem Ansatze des Schwanzfadens kräftig blaugrün gefärbt wird und also dem Kerne entspricht, dass aber das hintere Stäbchen die rote Farbe aufnimmt. Die Fig. 1 der Taf. XVIII gibt hiervon eine anschauliche Auffassung. Es liegt hier der Kern mit dem Centralkörperapparat vor. Ausserdem läuft der Kopf hinter dem Ansatze des Schwanzfadens in einen spitzen Zipfel aus, welcher sich nur ganz schwach rötlich oder auch gar nicht färbt. Die zwei Abteilungen, in welche sich der blaugrün gefärbte Abschnitt fortsetzt, nehmen in der Biondi-Mischung auch keine oder höchstens eine sehr schwach rötliche Farbe, welche wohl dann der Hülle angehört, auf. Diese beiden Abteilungen enthalten also keine Kernsubstanz. Der Inhalt der letzten Abteilung, welcher gerne tropfenförmig zerfliesst, hat ein fettiges Aussehen und ähnelt in hohem Grade einer myelinartigen Substanz.

## Die Spermien der Onisciden.

Taf. XVIII, Fig. 2—6.

### Oniscus L.

Ich habe die Spermien von mehreren Onisciden (Oniscus, Porcellio) untersucht, aber keine bemerkenswerte Differenz unter ihnen gefunden, so dass ich sie zusammen beschreibe. Diese Spermien bieten indessen bei der Untersuchung Schwierigkeiten dar, welche nicht gerade leicht zu überwinden sind. Dieselben sind schon seit lange geschildert, aber nicht in hinreichender und eingehender Weise erforscht worden. Ihre Spermiogenese wurde zwar schon vor 25 Jahren von Gilson untersucht; seitdem ist indessen die histologische Technik weiter ausgebildet worden.

Wenn man aus einem Männchen möglichst reife Spermien, die oft in Menge zu haben sind, unter der Lupe herauspräpariert, so bekommt man lange Fäden, welche je aus mehreren, dicht beisammen parallel liegenden Fasern bestehen und an dem einen (vorderen) Ende innig vereinigt sind.

Nach der Behandlung mit Osmium und Rosanilin-Kaliacetat bekommt man bei starker Vergrösserung solche Bilder, wie die in den Fig. 2 und 6 abgebildeten, nämlich lange, bandförmige Bündel, welche in der Regel an ihrem einen Ende gewunden oder gekrümmt sind und in einen schmalen, zugespitzten Zipfel auslaufen. Bei näherer Betrachtung zeigt sich, dass diese Bündel aus zwei nebeneinander liegenden und eng verbundenen Bändern bestehen, sowie dass in jedem von diesen Bändern, welche der Länge nach gestreift sind, eine Anzahl von gewöhnlich vier glänzenden, schmalen, zueinander parallel verlaufenden und dicht aneinander befestigten Fasern wahrzunehmen ist (Fig. 2). Nach vorn hin laufen diese beiden paarigen Bänder zusammen und spitzen sich zu, um in den erwähnten vorderen Zipfel überzugehen. Nach der entgegengesetzten Richtung laufen diese aus den Fasern bestehenden Bänder weit nach hinten aus, indem sie sehr lang sind. Schliesslich lösen sich gewöhnlich die einzelnen Fasern voneinander und ziehen in verschiedenen Richtungen als getrennte, oft einander kreuzende, aber steife, helle, glänzende Fasern weiter, um am hinteren Ende noch schmäler zu werden und spitz zu endigen.

Nahe an dem vorderen Ende der paarigen Faser-Bänder bemerkt man ferner einige gewundene, helle Stränge, welche an den Bändern weit vorne befestigt sind (Fig. 2). Wenn man sie zählt, findet man, dass ihre Anzahl derjenigen der Fasern der Bänder entspricht, und dass zu jeder Faser je ein Strang gehört. Von dem vorderen Ansatzpunkte hängen sie in den Präparaten gewöhnlich hinab und schlingern sich oft in wechselnder Weise umeinander. Sie sind im ganzen cylindrisch gestaltet, obwohl hier und da ein wenig der Quere nach eingeschnürt, hell, aber etwas glänzend und ohne deutliche Struktur; nach beiden Enden hin spitzen sie sich, mehr oder weniger abgestumpft, zu. Oft entfernen sie sich, von der vorderen Ansatzstelle gerechnet, bald von den Faserbändern, und

zwar besonders wenn diese vorne gebogen oder geknickt sind, um sich dann ihnen wieder eng anzulegen und ihnen entlang zu verlaufen. Von der Seite der Bänder betrachtet, erhalten sie zusammen mit den Bändern eine harfenähnliche Anordnung (Fig. 6).

Dass diese Stränge Spermienköpfen entsprechen, ist schon aus der ganzen Beschaffenheit der betreffenden Gebilde klar. Die Bestätigung dieser Tatsache geht aber ganz unzweideutig aus der Behandlung derselben mit der Biondi-Mischung hervor. Sie färben sich nämlich hierdurch, und zwar ganz besonders schön und konstant im frischen Zustande, scharf blaugrün, wodurch ihre Kernnatur sicher bestätigt wird. In den Fig. 3, 4 und 6 der Taf. XVIII sind einige solche Biondi-Präparate wiedergegeben worden; die Fig. 6 stellt ein Präparat dar, wo die Köpfe noch unreif und nicht zur vollständigen Länge ausgewachsen sind.

Ich suchte nun auch in diesen Präparaten anhaltend nach den Centralkörpern, die wohl in der Nähe der Ansatzstellen zu finden sein sollten. Es gelang mir aber leider nicht, diese Gebilde zu entdecken. Hoffentlich wird es einmal bei fortgesetzter Untersuchung gelingen, sie zu finden. Auch mit Osmium-Rosanilin vermochte ich keine scharfe Rotfärbung solcher Körper nachzuweisen. Auch die Faserbänder nahmen nur eine schwache rötliche Färbung an.

Dass nun in den hier beschriebenen langen Faserbändern, von denen in den angeführten Figuren nur die vorderste Partie wiedergegeben werden konnte, die Schwanzfäden der Spermien vorliegen, ist ebenso offenbar, wie die Tatsache, dass in den mit ihnen vereinigten, sich blaugrün färbenden Strängen die Köpfe der Spermien repräsentiert sind. Die Schwanzfäden hängen aber noch in Bändern zusammen, indem die aus je zwei Hälften bestehenden Bänder gewöhnlich acht Schwanzfäden enthalten, mit vier in jeder Bandhälfte. Es ist nicht gerade leicht, sie ganz genau zu zählen, weil sie so dicht gedrängt liegen und stark glänzend sind. Zuweilen erschien es mir in der Tat, als ob es fünf in jeder Bandhälfte seien. In einzelnen Fällen gelang es mir aber Bänder an denen die Fäden durch die Präparation voneinander getrennt waren, anzutreffen, und dann die Zahl 4, also 8 in einem ganzen Bande, nachzuweisen.

Ich suchte in einer Anzahl von Männchen abgelöste, freie, einzelne Spermien zu finden, aber ohne Erfolg. Dass eine solche Trennung vor dem Befruchtungsakt eintrifft, ist wohl als sicher anzunehmen. Deshalb suchte ich auch in einer Anzahl von Weibchen nach solchen einzelnen Spermien, aber bisher vergebens. Fortgetsetzte Bemühungen in dieser Richtung werden wohl zu einem Erfolg führen.

## Bopyrus squillarum Latr.

Taf. XVIII, Fig. 7—13.

Dr. Hj. Östergren überreichte mir im letzten Sommer von diesem parasitischen Isopoden einige Exemplare, und es gelang mir, die Spermien dieses Tieres zu finden.

In den Fig. 7—13 sind sie abgebildet, nämlich in Fig. 7—9 nach Osmium-Rosanilin-Präparaten und in Fig. 10—13 nach der Behandlung mit der Biondi-Mischung. Sie bestehen aus einer grösseren Kugel mit einer ansitzenden konischen oder halbkugeligen kleineren Partie, welche letztere der Gestalt nach etwas wechselt. Die Biondi-Präparate geben über ihre Zusammensetzung einen näheren Aufschluss. Die Fig. 10—13 zeigen also, dass die grösste Partie dieser Spermie, die genannte Kugel, dem eigentlichen Kopfe entspricht, indem sie einen grossen sphärischen, sich blaugrün färbenden Kern enthält, welcher von einer protoplasmatischen, rötlich gefärbten Hülle umgeben ist. In dem konischen oder halbkugeligen Anhang findet sich ein sich stark rotfärbender, ovaler Körper, welcher der Centralkörper sein kann oder ihn enthält, was mit den Verhältnissen bei einer Anzahl von anderen Crustaceen Ähnlichkeiten darbietet. Die Figuren sind bei Zeiss' Apochr. 2 mm. Ap. 1,30 Komp. Ok. 12, 3 mal linear vergröss., abgebildet.

Jedenfalls sind, wie schon oben hervorgehoben wurde, diese Spermien des Bopyrus von besonderem Interesse, weil sie eine so primitive Form besitzen, und dies gerade in einer Tierordnung, wo die Differenziation schon so hohe Stufen erreicht hat, wie dies bei Asellus und den Onisciden der Fall ist. Diese primitive Spermienform ist indessen wohl als degenerativer Rückschlag bei dem parasitisierenden Tiere zu betrachten.

## 3. Die Spermien der Amphipoden.

Taf. XVIII, Fig. 22—25.

Weil ich in meiner Arbeit über die Spermien der Crustaceen (XIV. Band, 1, der Biol. Unters., S. 19 u. f.) die Spermien von Gammarus, Phronima, Caprella und Corophium schon eingehend beschrieben und (Taf. V—VII) abgebildet habe, werde ich hier nun die seitdem durch die Biondi-Färbung erhaltenen Befunde mitteilen. Diese bestätigen in der Tat die frühere Darstellung, indem die blaugrüne Färbung der Kernsubstanz dem von mir beschriebenen Kopfe derselben entspricht, und der Centralkörper auch in den Biondi-Präparaten als rot hervortritt. Die Fig. 22 und 23 von *Gammarus*, welche bei Zeiss' Apochr. 2 mm Ap. 1,30, Komp. Ok. 12 (ohne weitere Vergr.) wiedergegeben sind, zeigen also den blaugrünen Kopf, den roten Centralkörper und den rötlichen vorderen Teil des Schwanzfadens. Die Fig. 23 stellt wahrscheinlich einen noch nicht vollständig ausgebildeten Kopf dar.

Von anderen Amphipoden bemühte ich mich besonders, einen Repräsentanten der *Hyperinen* zu erhalten, bei welchem ausgereifte Spermien zu finden seien, weil ich in der früheren Darstellung der Spermien von Phronima nicht ganz fertige Spermien vor mir hatte. Dies Mal gelang es mir auch, bei der bei der Cyanea capillata lebenden *Hyperia medusarum* solche Spermien zu erhalten. Die Fig. 24 stellt den mit Biondifärbung blaugrün gefärbten Kopf, den roten Centralkörperanhang und den vorderen Teil des Schwanzfadens bei derselben Vergrösserung, wie die Fig. 22 und 23 von Gammarus, dar. Die Fig. 25 gibt eine eben solche Partie (ohne den äusseren Teil des Kopfes) noch 3 mal linear vergrössert wieder. Die Übereinstimmung der Spermien der Hyperinen mit denen der Gammarinen ist auffallend; bei den Hyperinen findet sich aber im Schwanze ein feiner medianer Faden.

## 4. Die Spermien der Schizopoden.

Taf. XVIII, Fig. 14—21.

Im XIV. Bande meiner Biol. Unters. habe ich (S. 24—26, Taf. VIII—X) in eingehender Weise die Spermien von *Mysis oculata* Fabr. beschrieben und abgebildet und dabei auch die Ausbildung des Kerns bei diesen so stark differenzierten und komplizierten Spermien berücksichtigt.

In seiner Arbeit über das Kopfskelett des tierischen Spermiums vom J. 1908 hat Koltzoff die Spermien von zwei im Schwarzen Meere lebenden Mysiden, *Parapodopsis cornuta* und *Protosiriella*, beschrieben und abgebildet, deren Spermienform von derjenigen der Mysis oculata in auffallender Weise abweicht und eine Gestalt darbietet, welche weit einfacher gebaut ist.

Es war mir deshalb von besonderem Interesse, im letzten Sommer in dem Meere an unserer schwedischen Westküste von Dr. Hj. Östergren eine Myside zu bekommen, deren Spermien wesentlich dieselbe Form besitzen, wie die der von Koltzoff beschriebenen Tiere. Bisher ist es mir nicht gelungen, den spezifischen Namen des Tieres festzustellen. Dass es den Mysideen angehört oder ganz nahe steht, ist sicher; es hat u. a. auch die Statocyste am hinteren Schwanzende.

Die Fig. 15 stellt ein Spermium dieser Myside bei Zeiss' Apochr. 2 mm. Ap. 1,30, Komp. Okul. 12 dar, und Fig. 14 gibt ein solches bei noch 3-maliger linearer Vergrösserung wieder. Beide geben Biondi-gefärbte Spermien wieder. Von dem Schwanzfaden, welcher lang ist, wurde in den Fig. nur der vorderste Teil mitgenommen. Der Kopf besteht, wie an den Spermien von Asellus aus drei Gliedern, alle drei schmal cylindrisch, die beiden Endglieder sich je nach hinten und vorn hin verschmälernd und spitz auslaufend. Bei Asellus war aber das dem Schwanzfaden ansitzende Glied die Kernsubstanz selbst mit nur einem kleinen, angelagerten Centralkörper. Bei dieser Myside bildet dagegen die blaugrün gefärbte Kernsubstanz das mittlere und längste Glied (Fig. 14, 15). Die beiden Endglieder wurden rot, und ganz besonders wurde das am vorderen Schwanzende sitzende Glied stark rotgefärbt. Ob nun dies letztere, verhältnismässig lange Stück als dem Centralkörper entsprechend angesehen werden dürfte, oder ob es auch andere Teile, v. a. das Nebenkernorgan, enthält, ist noch kaum sicher zu beantworten. Es gelang mir nämlich nicht, in ihm, d. h. am Schwanzansatz, mit Deutlichkeit einen besonderen Körper nachzuweisen. In der Figur Koltzoff's von Protosiriella sind ein paar stärker rotgefärbte Partien in diesem Glied abgebildet, in

der Fig. von Parapodopsis aber nicht; bei dieser letzteren ist dies Kopfglied noch bedeutend grösser als bei Protosiriella und bei meiner Myside.

Diese nun dargestellte Spermienform bei einigen Mysideen ist indessen, wie oben betont wurde, ganz besonders interessant, wenn man sie mit derjenigen von Mysis oculata vergleicht, weil sie wahrscheinlich eine niedrigere, weniger differenzierte Form darbietet und zur Deutung derjenigen von Mysis oculata beitragen kann, besonders wenn es gelänge, Übergangstufen, Zwischenformen, zwischen beiden nachzuweisen. Auch bei Mysis oculata besteht der Kopf aus drei Gliedern, nämlich aus einem langen, am Schwanzfaden befestigten, von einer Chitinkapsel zuerst umgebenen und schliesslich von ihr fast verdrängten Glied, einem die Kernsubstanz und wahrscheinlich auch die Körner des Nebenkernorgans enthaltenden mittleren Glied, sowie schliesslich aus einem langen, weichen »Spitzenstück». Das längste, am Schwanzfaden sitzende, chitinöse Glied der Spermien von Mysis oculata entspräche also dem stark rotgefärbten Kopfglied der anderen Mysideen, welches weit weniger differenziert ist, aber kaum dem Centralkörperapparat in toto entsprechen kann. Möglicherweise liesse sich diese Frage durch ein eingehendes Studium der Spermiogenese entscheiden, eine solche Untersuchung ist aber recht schwer auszuführen.

Dass nun das mittlere Glied des Spermiumkopfes von Mysis oculata die Kernsubstanz enthält, wie ich schon früher angenommen habe, davon habe ich mich seitdem durch Biondi-Färbung überzeugt. In den noch unreifen Spermien findet man, wie ich schon früher (XIV. Band der Biol. Unt., Taf. IX und X) zeigte, die Kernsubstanz zuerst als einen rundlichen oder ovalen Kern zwischen den anderen beiden Gliedern, wobei das äussere Glied noch einen rundlichen oder zapfenförmigen Vorsprung bildet, wie hier unten auf Taf. XVIII, Fig. 16—18 dargestellt worden ist; der Kern ist hier durch das Methylgrün blaugrün gefärbt, enthält aber noch rote Lininteile; das Spitzenglied besteht aus protoplasmatischen Substanzteilen mit eingeschlossenen hellen Körnern (Nebenkernorgan); das dritte Glied ist auch rötlich gefärbt und von der sich eben ausbildenden Chitinhülle umgeben.

Wenn man nun die weitere Entwicklung dieser Kopfteile verfolgt, so erhält man die Bilder, welche die Fig. 19—21 wiedergeben; unten sieht man den Anfang des Chitinstab-Gliedes; dann folgt das Stadium des lang ausgezogenen, cylindrischen mittleren Gliedes, in welchem man nunmehr die Kernsubstanz in der Gestalt eines noch blaugrün gefärbten, verlängerten Substanzstückes erkennt, das in einer, helle Körner enthaltenden, rotgefärbten Masse eingeschlossen liegt, während der übrige Teil dieser Partie zu einem langen, weichen Sack ausgezogen ist.

In dieser Weise lässt sich die Ausbildung der Spermien von Mysis oculata verstehen und mit denen der anderen Mysideen vergleichen, obwohl jene doch eine bedeutende Differenziation darbieten.

## 5. Dekapoden.

Taf. XIX, Fig. 15—29.

Weil es bei diesen Krustaceen im allgemeinen leicht ist, zu entscheiden, welche Partien ihrer Spermien der Kernsubstanz entsprechen, so habe ich unter ihnen nur einige wenige Repräsentanten ausgewählt, welche die differenteren Formen darbieten. Und da ich unter den Carididen bisher nicht die Spermien von *Pandalus borealis* beschrieben habe, so gebe ich von diesen eine etwas eingehendere Darstellung mit mehreren Figuren. Ausserdem sollen zum Vergleich mit denselben die nach Biondi gefärbten Spermien von *Palaemon squilla* sowie ferner diejenigen von *Nephrops norvegicus, Galathea squamifera, Ebalia tumefacta* und *Portunus depurator* berücksichtigt werden.

### Die Spermien von Pandalus borealis Kröyer.

Taf. XIX, Fig. 15—22.

Diese Spermien ähneln denen der anderen Carididen in hohem Grade, gehören zu demselben Typus, sind aber doch in mehrerer Hinsicht speziell charakteristisch. Sie stehen denen von Palaemon squilla am nächsten, haben aber einen weit stärkeren, etwas längeren, v. a. aber dickeren Nadelstab. Die Fig. 20 stellt eine solche Spermie von der Seite und Fig. 21 von hinten dar, und zwar in der Vergrösserung von Zeiss' Apochr. 2 mm. Ap. 1,30 und Okul. 12 und dazu noch dreimal linear vergrössert. Sie sind mit Osmium und Rosanilin-Kaliacetat behandelt. Die Beschreibung, die ich im XIV. Bande der Biol. Unters. S. 34—35 von den Spermien von Palaemon gegeben habe, passt im wesentlichen auch für diejenigen von Pandalus, so dass ich, besonders wenn man die hier gelieferten Figuren be-

rücksichtigt, keine nähere Beschreibung der letzteren zu geben brauche. Dass bei den Pandalus-Spermien der Stab oder Stachel weit kräftiger ist, wurde schon betont. In der Mitte der hinteren Fläche des Kopfes (Fig. 21) setzt er sich an, indem er nach allen Richtungen sich nach aussen hin verschmälernde Rippen oder Fortsätze aussendet. Zwischen diesen und nach aussen von ihnen findet sich eine protoplasmatische Scheibe, welche zahlreiche hellere, runde und relativ grosse Körner enthält. Diese Scheibe, welche sich sowohl mit Rosanilin wie mit Säurefuchsin (Biondi, Fig. 15—18) stark rötlich färbt, reicht bis zur Peripherie des Kopfes hinaus und biegt sich über dessen Rand etwas nach vorn hin hervor (Fig. 20, 15—18). Der Stachelstab und die protoplasmatische Scheibe können sich vom Kopfe ablösen; in Fig. 22 sieht man den vorderen Teil des Stabes abgelöst, wobei am vorderen Ende eine rundliche Einsenkung, in welcher der Kopf gelegen hat, hindurchschimmert. Der Kopf stellt in der Regel eine flach gewölbte, runde, kuchenförmige Platte dar, welche, von der Seite betrachtet, wie in Fig. 20 erscheint.

Mit Biondi'scher Mischung färbt sich die Kopfplatte schön blaugrün, wie die Fig. 15—19 in schwächerer Vergrösserung (ohne die 3-malige lineare Vergr.) zeigen. Unter den gewöhnlichen, flach abgeplatteten Köpfen kommen auch solche, wie der in Fig. 18 wiedergegebene vor, die vielleicht als weniger ausgereifte oder auf einem früheren Ausbildungsstadium gebliebene aufzufassen sind.

## Die Spermien von Palaemon squilla (L).

Taf. XIX, Fig. 23, 24.

Von diesen Spermien, die ich schon im XIV. Bande der Biol. Unters. ausführlich beschrieben und abgebildet habe, sind die Fig. 23 und 24 hier teils zum Vergleich mit den Pandalus-Spermien, teils um die Färbung mit der Biondi-Mischung zu zeigen, mitgeteilt.

## Die Spermien von Nephrops norvegicus (L).

Taf. XIX, Fig. 25.

Die Spermien von Nephrops sind auch schon eingehend in dem XIV. Bande der Biol. Unters. beschrieben und abgebildet worden, weshalb es nicht nötig ist, dies hier zu wiederholen. In Fig. 25 teile ich deshalb nur eine Figur von einer mit Biondi'scher Mischung gefärbten Spermie mit. Man sieht an derselben die grosse blaugrüne Kugel, welche dem Kern entspricht, was mit der früheren Darstellung und Auffassung übereinstimmt. Die rote Säurefuchsinfarbe hat den Inhalt der sonst ungefärbten Schwanzkapselröhre und den ganzen Apparat der Seitenfortsätze stark gefärbt.

## Die Spermien von Galathea squamifera (Fabr.).

Taf. XIX, Fig. 26.

Ungefähr das von den Spermien des Nephrops geäusserte gilt auch hinsichtlich derjenigen der Galathea, so dass ich auf die im XIV. Bande der Biol. Unters. gegebene Darstellung hinweisen kann (S. 43 und Taf. XVI, Fig. 1—18). Hier teile ich nur die Figur einer mit Biondi'scher Mischung behandelten Spermie mit, an welcher man die breit-ovale, stark blaugrüne Kernsubstanz und den roten Apparat der Seitenfortsätze sieht; an der Schwanzkapsel sind zwei Teile, der Spitzenteil und eine mittlere Partie, rot, die anderen Teile ungefärbt. Die Ausdehnung der Kernsubstanz entspricht auch hier meiner früheren Darstellung.

## Die Spermien von Ebalia trumefacta (Mont.)

Taf. XIX, Fig. 27.

In der Fig. 27 ist ein solches Spermium, welches nach der Biondi'schen Methode gefärbt worden ist, abgebildet. Die Kernsubstanz entspricht hier dem ganzen dreizipfeligen Spermium bis in die Spitzen hinaus, und nur die mittlere runde Kapsel, welche rot gefärbt wurde, gehört nicht zum Kern (Kopf). Dies stimmt mit meiner

früheren Darstellung (XIV. Band der Biol. Unt., S. 50, Taf. XVII, Fig. 51—57) überein, wo der entsprechende dreizipfelige Teil als Kopf beschrieben worden ist. Koltzoff hat ähnliche Spermien (von Homola) beschrieben.

### Die Spermien von Portunus depurator (L.).

Taf. XIX, Fig. 28 und 29.

Auch bei diesen Spermien entspricht die durch die Biondi'sche Mischung sich blaugrün färbende Partie dem ganzen von mir und anderen als Kopf aufgefassten, verschiedengestalteten Klumpen, an dem die Schwanzkapsel befestigt ist (XIV. Band der Biol. Unt., S. 50, Taf. XVII, Fig. 47—50). Koltzoff stellt ebenfalls diese Partie als grüngefärbt dar.

## B. Spermien von Insekten.

### Forficula auricularia L.

Taf. XIX, Fig. 30 und 31.

Unter den Insekten wählte ich zur Behandlung mittelst der Biondi'schen Methode die Spermien von Forficula aus, und zwar deshalb, weil ich die Spermien dieses Tieres früher nicht untersucht hatte. Die Auffassung der Ausdehnung der Kernsubstanz stimmt infolge dieser Methode vollständig mit den bisherigen Ansichten von mir und anderen Forschern überein. Die Fig. 30 stellt ein ganzes solches reifes Spermium dar (Zeiss' Apochrom. 2 mm. Ap. 1,30 Komp. Okul. 12, 3-mal. lineare Vergröss.). Man erkennt den langen, schmal-elliptischen Kopf, welcher durch die methylgrüne Färbung blaugrün gefärbt ist, wogegen der ganze, lange Schwanz als rot hervortritt. Die Fig. 31 stellt den Kopf von einem noch nicht reifen Spermium dar.

## Die Spermien der Gastropoden.

Taf. XX, Fig. 1—24.

Weil ich schon im XIII. Bande dieser Biol. Unters. (1906) den Spermien der Gastropoden eine ausführliche Darstellung gebracht habe, so werde ich ihnen hier nur eine kurze Mitteilung widmen und dabei besonders einige durch die Biondi'sche Methode erhaltene Befunde behandeln. Es ist v. a. eine Gruppe dieser Mollusken, bei welchen die Ausdehnung und Lage der Kernsubstanz untersucht zu werden verdient, nämlich diejenige, bei welchen Doppelspermien vorhanden sind. Bei ihnen liegt aber eine zweifache Frage vor: erstens, wie verhält sich die Kernsubstanz in der sog. fadenförmigen Spermiumart, und zweitens, gibt es überhaupt in der anderen Spermiumart, der sog. wurmförmigen, wirklich Kernsubstanz, sowie, wenn dies der Fall ist, wo und in welcher Form?

Um diese Fragen zu beantworten, wählte ich die Spermien von *Buccinum undatum* L. und von *Turritella terebra* L., bei welchen Doppelspermien stets vorkommen, zur Untersuchung aus. Ausserdem untersuchte ich, zum Vergleich mit den fadenförmigen Spermien von Buccinum, diejenigen von *Purpura lapillus* L. Hieran füge ich eine kurze Mitteilung über die Spermien eines Amphineuren, *Chiton*, sowie eine solche über die eines Lamellibranchier, *Modiola modiolus* L., obwohl bei diesen Tieren das Verhalten der Kernsubstanz schon durch die anderen Untersuchungsmethoden klar und deutlich ist.

Ich fange in dieser Beschreibung mit den Spermien von **Turritella** an, weil bei diesem Gastropoden die Untersuchung im ganzen leicht ist.

Ich zeigte schon in der eben angeführten Darstellung vom J. 1906 über die Spermien der Gastropoden, dass bei Turritella die fadenförmigen Spermien im reifen Zustande stets an den Köpfen *verkuppelte Zwillingsspermien* darstellen, wie dies bisher nur bei einem Säugetier (Didelphys) und bei einigen Insekten (Dytiscus) bekannt war. Es bestätigte sich nun bei der Biondifärbung, dass die Köpfe der Zwillingsspermien sich gerade in der Ausdehnung stark blaugrün färben, wie ich schon das vorige Mal die eigentliche Kopfsubstanz beschrieben hatte. Wie in dieser meiner früheren Darstellung im Texte angegeben wurde, sind auf der zugehörigen Tafel (III) die abgebil-

deten Spermienköpfe durch Wasserbehandlung etwas angeschwollen und ihre Hüllen teilweise geborsten. Ich teile deshalb hier noch einige solche Köpfe mit, in welchen die natürliche Form gut beibehalten ist. In jener Mitteilung wird auch geäussert, dass die Spitzenstücke der Köpfe der Zwillingsspermien nicht zusammenhängen. Nun habe ich mich aber davon überzeugt, dass dies nicht richtig ist. Die schmal lanzettförmigen oder sehr ausgezogen ovalen Köpfe (Taf. XX, Fig. 12, 13, 15, 16) sind zwar gegeneinander etwas abgeplattet und aneinander geheftet (Fig. 12), aber die äussersten Spitzen ihrer (rotgefärbten) Spitzenstücke sind aneinander stark befestigt, so dass, wenn die Köpfe selbst durch die Präparation getrennt werden, die Spitzenstücke mit ihren äussersten Enden noch zusammenzuhängen pflegen (Fig. 13, 15, 16) und erst durch ein stärkeres Ziehen getrennt werden.

Das am hinteren Kopfende befindliche, in dasselbe von dem vorderen Schwanzende emporsteigende kleine Stäbchen (Fig. 12, 15, 16), welches in Fig. 14 vom Kopfe abgelöst vorliegt, wird durch das Biondi-Gemisch rot gefärbt.

Unter den ganz fertigen Spermien mit lang ausgezogen ovalen oder sogar stabförmigen Köpfen trifft man aber auch solche mit breit ovalen (Fig. 17) oder fast kugeligen (Fig. 15) Köpfen, welche offenbar nicht ganz reif sind.

Die *wurmförmigen* Spermien von Turritella nehmen aus dem Biondi-Gemische nur die rote Farbe auf, und diese auch nur ganz schwach (Fig. 19), indem nur der hintere kleine, konische Zapfen und die vier hinteren Fäden, sowie zuweilen ein vorderes Spitzenstück etwas stärker rot gefärbt werden. In dem übrigen Zellkörper bemerkt man grössere rundliche Körner, welche eine weissliche Farbe behalten. Einigemal glaubte ich am vorderen Ende des hinteren, konischen, roten Zapfens einen kleinen Streifen von schwacher blaugrüner Farbe wahrzunehmen, konnte sie aber nie deutlich sehen und vermute, dass sie nur eine zufällig dort befindliche Farbesubstanz darstellte. Infolge dieser Untersuchung muss ich also die Ansicht aussprechen, dass die wurmförmigen Spermien von Turritella keine wahrnehmbare Kernsubstanz besitzen.

Die Spermien von **Buccinum** sind, wie erwähnt, auch schon in meiner früheren Abhandlung über die Spermien der Gastropoden beschrieben worden. Nach Biondi-Färbung der sog. fadenförmigen Spermien im frischen Zustande findet man den Kopf als einen schmalen, gewöhnlich spiralförmig gewundenen, intensiv blaugrünen Strang ungefähr von dem in Fig. 1 der Taf. XX wiedergegebenen Aussehen; das Verbindungsstück ist dann stark, der Schwanzfaden schwach rot gefärbt. An manchen Köpfen erkennt man aber am Kopfe den auch von mir früher dargestellten Faden, welcher dem Kopfe enlang bis an die vordere Spitze spiralig gewunden verläuft. Man sieht diesen Faden, welcher die rote Farbe intensiv annimmt, besonders an etwas angeschwollenen und an jüngeren Köpfen (Fig. 2, 3, 4, 5, welche alle bei der Vergröss. von Zeiss' Apochrom. 2 mm Ap. 1,30 Komp. Ok. 12 gezeichnet sind, aber dann noch in Fig. 2, 4, 5 zweimal, in Fig. 3 dreimal linear vergrössert worden sind).

Die *wurmförmigen* Spermien (Fig 6 und 7) nehmen im Biondi-Gemisch gar keine grüne Farbe auf und haben also keine hierdurch nachweisbare Kernsubstanz. Sie werden nur rötlich, mit in dieser rötlichen Substanz eingelagerten weisslichen, kugeligen Körnern.

Bei **Purpura lapillus** sind nur fadenförmige und keine wurmförmigen Spermien gefunden worden. Die Fig. 8 und 9 stellen zwei solche fadenförmige Spermien dar, von denen das in Fig. 9 abgebildete einen etwas angeschwollenen Kopf hat. Der an den Köpfen dieser Spermien schon früher von mir geschilderte Faden wird durch die Biondi-Methode rotgefärbt und läuft bis an das rotgefärbte Spitzenstück aus. Der lange rote Faden, welcher in der Regel gerade zieht, bei der Anschwellung des Kopfes aber gewunden wird, liegt, wie sich hier deutlich zeigt, an der Oberfläche des Kopfes, also seitlich, und nicht, wie ich früher meinte, in dessen Substanz eingelagert. Das Verbindungsstück nimmt auch bei diesen Spermien eine starke rote, der Schwanzfaden eine schwächere rote Farbe an.

Was die Spermien von **Chiton** (Taf. XX, Fig. 10, 11) betrifft, so war es von Interesse zu erfahren, wie weit die Kernsubstanz in die stark ausgezogene vordere Spitze hinaus reicht. Wie aus diesen Figuren hervorgeht, reicht sie in der Tat sehr weit hinaus und an ihrem schmalen, spitzen Ende sitzt noch ein rotgefärbtes, fadenförmiges Perforatorium. Das rotgefärbte Nebenkörperorgan befindet sich noch, wie an den von mir in der ersten Mitteilung über die Chitonspermien (Biol. Unters. N. F., Band XI, T. VII, 1904) beschriebenen und abgebildeten Spermien, an der Seitenfläche des Kopfes und nicht am hinteren Ende desselben, was ich später als ein noch unreifes Stadium auffasste.

Die Spermien von **Modiola modiolus** (Fig. 20—24), deren Köpfe in der von mir früher angegebenen Ausdehnung aus grüngefärbten Kernsubstanz bestehen, zeigen den Körnerkranz des Nebenkernorgans und das

Perforatorium rotgefärbt; das letztere bietet aber, wie die Figuren angeben, wechselnde Verhältnisse, indem es bald als konisches Spitzenstück (Fig. 20), bald als ein vorn an einer ungefärbten Erhabenheit befestigter Knopf (Fig. 21—24) erscheint; im letzteren Falle erkennt man oft an der Basis der ungefärbten Erhabenheit ein rotgefärbtes, ringförmiges Gebilde.

## Die Spermien der Bryozoen.

Taf. XX, Fig. 25.

Mit der Biondifärbung untersuchte ich auch die Spermien einiger meerbewohnender Bryozoen, fand aber an ihnen nur, dass die Kernsubstanz sich so weit erstreckte, wie ich sie früher beschrieben habe. Infolgedessen teile ich hier nur eine Abbildung von der vorderen Partie eines Spermiums von *Alcyonidium gelatinosum* (Taf XX, Fig. 25) mit. Von Interesse sind indessen die sich intensiv rotfärbende Ringscheibe am Hinterende des Kopfes und die schmale stabförmige Halspartie.

## Die Spermien einiger Fische.

Taf. XX, Fig. 26—35.

Von Fischen habe ich drei Repräsentanten gewählt, deren Spermien ich nicht früher beschrieben habe, nämlich zwei Knochenfische: *Nerophis ophidion* (L) und *Lophius piscatorius* L. und einen Knorpelfisch: *Scyllium canicula* L.

### Die Spermien von Nerophis ophidion (L).

Taf. XX, Fig. 26—31.

Die Spermien dieses Tieres weichen im ganzen von dem gewöhnlichen Typus der Spermien der Teleostier recht stark ab. Statt der kugeligen Form des *Kopfes* findet sich hier eine Walzenform mit an beiden Enden vorhandenen Abrundungen. Am vorderen Ende sitzt eine verdickte, haubenförmige Hülle, welche wohl als eine Art Perforatorium zu betrachten ist; und am hinteren Ende findet sich eine ebenfalls verdickte, schalenförmige Hülle, welche ungefähr das hintere Viertel der Kopflänge umfasst und vielleicht einem Nebenkernorgan entspricht. Diese beiden Hüllenpartien werden im Biondi-Gemische rotgefärbt und kontrastieren also gegen die stark blaugrüne Farbe der Kernsubstanz des Kopfes (Fig. 31). Von besonderem Interesse ist noch, dass der *Schwanz*faden, welcher lang und verhältnismässig grob ist, sich am hinteren Ende zuspitzt und ein abgesetztes Endstück zeigt, an seinem vorderen Ende in den hinteren Teil des Kopfes einzudringen scheint, indem hier als seine Fortsetzung ein Stab in das hintere Viertel des Kopfes axial emporsteigt und abgerundet endigt; ob ein Teil dieses Stabes dem Centralkörper angehört, kann ich nicht sagen. Am hinteren Ende des Kopfes findet sich noch eine kleine, kuchenförmige Partie, welche sich stark rotfärbt; sie gehört wahrscheinlich der oben beschriebenen hinteren Hüllenschale an.

### Die Spermien von Lophius piscatorius L.

Taf. XX, Fig. 32—34.

Die Spermien dieses in mehrfacher Beziehung eigentümlichen Teleostiers sind ebenfalls von dem gewöhnlichen Typus der Spermien der Teleostier abweichend. Der *Kopf* ist unsymmetrisch, indem er sich, spitz verschmälert, nach einer Seite stark umbiegt, wie die Fig. 32—34 zeigen; an der Spitze des umgebogenen vorderen Endes erkennt man nach der Rosanilin-Färbung eine stärkere, aber sehr kleine Rotfärbung, welche vielleicht das Vorhandensein eines sehr kleinen Perforatoriums anzeigt. Besonders interessant ist aber das am hinteren Ende des Kopfes

befindliche Organ, welches aus vier relativ grossen, kugeligen *Körnern* besteht und offenbar einem *Nebenkernorgan* entspricht. Ein so deutlich ausgesprochenes Organ dieser Art ist sonst bei Knochenfischen selten. Der *Schwanzfaden* ist lang und schmal und läuft hinten, ohne abgesetztes Endstück, verschmälert und spitz aus.

## Die Spermien von Scyllium canicula (L.).

Taf. XX, Fig. 35—36.

An dem Kopfe der Spermien von *Acanthias vulgaris* Risso (Squalus acanthias L.) beschrieb ich im Jahre 1902 (Biol. Unters., N. F., Band X, 8, 1902) in der Kopfhülle einen eigentümlichen *Spiralfaserapparat*, den ich später in verschiedenen Variationen an den Köpfen mehrerer anderer Selachier wiederfand und im J. 1909 schilderte (Biol. Unters., N. F., Band XIV, 9; veröff. 7. April 1909). Ausser bei dem Acanthias fand ich diesen Apparat auch bei *Spinax niger*, *Raja clavata* und, obwohl in schwacher Ausbildung, auch bei *Chimaera monstrosa*. Von noch anderen Haifischen (z. B. Scyllium) hatte ich damals kein Material.

In seiner im J. 1908 veröffentlichten, mir durch gütige Zusendung im Mai 1909 zugegangenen Abhandlung »Studien über die Gestalt der Zelle, II» beschrieb Koltzoff an den Spermienköpfen von *Scyllium canicula* einen spiralig gewundenen Faden, und ebenso sah er an den Spermien von *Raja clavata* schraubenförmig gewundene Fäden; er lieferte auch hiervon Abbildungen, die er aber nicht als wirkliche Spiralfäden anerkennen wollte, obwohl »er doch von der Existenz eines solchen überzeugt» war.

Im letzten Sommer erhielt ich nun die Gelegenheit, reife Spermien von *Scyllium canicula* zu untersuchen, und zwar sowohl nach der Behandlung mit Osmium-Rosanilin als mit dem Biondi-Gemisch. Die Fig. 35 stellt ein vollständiges Spermium, mit der ersteren, die Fig. 36 die hintere Hälfte des Spermiumkopfes mit der letzteren Methode behandelt. In beiden tritt der in vielen Windungen verlaufende Spiralfaden scharf hervor. Man kann als Mittelzahl dieser, den ganzen Kopf bis an die Spitze umschlingernden Faserwindungen auf etwa 40 anschlagen. Das folgende Schwanzstück der Spermie stellt einen stark rotgefärbten, vorn von einem hellen Klumpen umgebenen schmalen Cylinder dar, aus welchem dann der lange, dünne, heller rot gefärbte Schwanzfaden ausläuft, um äusserst fein zugespitzt, ohne abgesetztes Endstück, zu endigen.

---

Nach dieser kurzen Revue der hauptsächlich mittelst der Biondi-Färbung gewonnenen Ergebnisse hinsichtlich der Lage und Ausdehnung der Kernsubstanz in den Spermien verschiedener Repräsentanten aus dem Reiche der Wirbellosen und einiger niedrigeren Wirbeltiere kommt man zu der Überzeugung, dass diese Ergebnisse in allem wesentlichen mit den durch andere Methoden erlangten Resultaten und mit den durch dieselben gewonnenen Kenntnissen in dieser Beziehung übereinstimmen. Nur in einigen besonders schwierigen Fällen, z. B. betreffs der Spermien der *Turbellarien, Cirripedien* und *Chätognathen*, hat die Biondi'sche Methode, und zwar v. a. nach Koltzoff's Anweisung durch die Behandlung des frischen Materials mit diesem Gemisch, zur wirklichen Erweiterung unserer Kenntnisse geführt. Bei anderen schwierigen Objekten dieser Art, z. B. bei den Spermien der *Ostracoden, Cestoden* und *Trematoden*, ist es mir, trotz wiederholter Versuche, nicht gelungen, sichere Resultate zu erreichen. Es ist jedoch nicht unmöglich, dass Modifikationen in der Anwendungsweise der Methode auch bei ihnen zu besseren Erfolgen führen können.

4.

# ÜBER DIE FORM DER SPERMIEN BEI DEN ANTHROPOIDEN AFFEN.[1]

Taf. XXI, Fig. 1—20.

Die Frage von der Verwandtschaft des Menschen mit den Affen ist während der letzten Dezennien in den Kreisen der Zoologen und Anthropologen vielfach besprochen worden. Seitdem LINNÆUS in seinem Werke Systema naturæ bestimmt dem Menschen den Platz an der Spitze der Säugetiere anwies und innerhalb der ersten Klasse derselben ihn, Homo sapiens, zusammen mit den Affen unter der gemeinsamen Rubrik *Primates* aufführte, hat sich der Homo sapiens damit begnügen müssen, diese ihn so wenig schmeichelnde intime Verwandtschaft anzuerkennen. Durch die Arbeit des ausgezeichneten englischen Anatomen HUXLEY »Mans place in Nature», welche im J. 1863 erschien, wurde diese nahe Verwandtschaft, so zu sagen, festgestellt, und sein Lehrsatz, dass der Unterschied zwischen den niederen und den höheren Affen in rein morphologisch-zoologischer Hinsicht grösser ist als zwischen diesen letzteren und dem Menschen, konnte nicht widerlegt werden. Funde fossiler Skelette, v. a. das von E. DUBOIS im J. 1891 in alten Quartärschichten bei Trinil auf Java angetroffene von Pithecanthropus, trugen dazu bei, viele Forscher von der direkten Abstammung des Menschen von den Affen oder von affenähnlichen Tierformen zu überzeugen, obwohl die Meinungen hinsichtlich der näheren Verhältnisse bei dieser Abstammung immer ziemlich wechselnd und geteilt waren.

Während der letzten Jahre sind indessen die Ansichten hierüber immer mehr modifiziert worden. Wichtige Stimmen warnten davor, den Pithecanthropus in der direkten Stammbaumlinie des Menschen, als einen seiner eigentlichen Vorfahren, zu plazieren; man wollte diese Urform eher als einen ausgestorbenen grossen Affen vom Gibbongeschlecht auffassen und wieder die nähere Verwandtschaft des Menschen mit den eigentlichen Anthropoiden, dem Schimpansen, dem Orang Utan und dem Gorilla hervorheben. Das Studium der Gehirne dieser Anthropoiden, u. a. der Anordnung ihrer Hirnwindungen, welche in neuerer Zeit der Gegenstand umfassender Untersuchungen gewesen ist, schien in der Tat für eine ganz nahe gemeinsame Verwandtschaft zu sprechen. Ebenso haben die physiologischen Blutexperimente eine solche angegeben. Andererseits wiesen die bisher gemachten Funde aus der urgeschichtlichen Zeit auf eine ältere Periode, als die von manchen Forschern für die Abstammung und Ausbildung des Menschentypus und der jetzt lebenden Affentypen aus dem gemeinsamen Stammbaum einstweilen angenommene, hin. Meistens ist man dazu geneigt, die Abtrennung derselben in die Eocenzeit oder noch weiter rückwärts zu verweisen. Diese Funde sind indessen noch gar zu gering an der Zahl, um sichere Beweise abgeben zu können. Sie bestehen ja auch nur aus Skelettresten und Zähnen und können nichts anderes liefern. Unter solchen Verhältnissen ist man fortwährend darauf hingewiesen, die genauere Untersuchung der Vertreter der noch lebenden Menschenrassen sowohl als derjenigen der Affenfamilien fortzusetzen und ihre morphologischen Charaktere in eingehender Weise, und zwar in allen Richtungen, sowohl makro- als mikroskopisch, miteinander zu vergleichen.

Von den Organen, welche in diesen Beziehungen die besten Erläuterungen liefern können, nehmen natürlich die nervösen Centralorgane, besonders bezüglich ihres feineren Baues und ihrer Organisation, den ersten Raum ein. Die Untersuchung derselben, v. a. des Gehirns, schreitet auch stets mit immer verbesserten Methoden und trotz der sich dieser Forschung darbietenden grossen Schwierigkeiten fort.

[1]) Diese Mitteilung wurde zuerst in schwedischer Sprache im Arkiv f. Zoologi, herausg. von der K. Schw. Akad. d. Wiss., Band 6, N:o 8, Dec. 1909 veröffentlicht. Sie liegt hier in erweiterter Form und mit mehreren Abbildungen versehen in deutscher Bearbeitung vor.

Unter den übrigen Organteilen, welche charakteristische Merkmale abgeben können, sind auch die Geschlechtszellen, und ganz besonders die *Spermien*, zu bemerken. Die neueren, so wesentlich vervollkommneten Mikroskope ermöglichen in der Tat eine weit genauere Untersuchung dieser Organelemente, als es früher der Fall gewesen ist. In der neueren Zeit waren ja auch die *Menschen*spermien der Gegenstand mehrfacher genauer Untersuchungen vermittelst der Hülfsmittel der so vielfach verbesserten mikroskopischen Technik. Die Spermien der *Affen* waren aber hinsichtlich ihrer Form und ihres Baues sehr wenig erforscht. Zum Teil hängt dies von der Schwierigkeit, geeignetes Untersuchungsmaterial anzuschaffen, ab. Aus den Affen, welche eine längere Zeit in Menagerien und zoologischen Gärten gelebt haben und dort erkrankten und starben, lässt sich in der Regel kein taugliches derartiges Material erhalten. Seit einer Anzahl von Jahren habe ich verschiedene Versuche in dieser Richtung gemacht. Nur in einigen Ausnahmefällen gelang es mir, in den Testikeln und den Ausführungsgängen der Testikel solcher Affen Spermien anzutreffen. Ich habe deshalb versucht, von den Besitzern grösserer Menagerien, besonders von der grossen Hagenbeck'schen Anstalt in Hamburg, solche lebende erwachsene männliche Affen einzukaufen, welche nicht während längerer Zeit in Gefangenschaft gewesen waren. In einigen Fällen gelang es mir in der Tat, in den Testikeln und deren Ausführungsgängen der eben getöteten Tiere reife Spermien zu finden; nicht selten waren aber die Tiere noch zu jung, nicht hinreichend erwachsen und hatten ihre Pubertätzeit nicht erreicht; in anderen Fällen war wohl auch die Jahreszeit nicht die richtige; die Spermiogenese wird ja auch bei fremden wilden Tieren oft durch die Gefangenschaft beeinträchtigt und irregeführt, so dass man bei diesen Untersuchungen manche Täuschungen erlebt. In dem XIV. Bande meiner Biol. Unters. N. F. (April 1909) habe ich indessen, abgesehen von den Spermien der Halbaffen (*Lemur catta* L.) auch diejenigen von *Hapale jacchus* L., *Inuus ecaudatus* E. Geoffr. und *Hylobates agilis* geschildert. Dagegen waren bei der Herausgabe dieser Arbeit alle Versuche, Spermien von den eigentlichen Anthropoiden zu bekommen, ganz gescheitert. Die lebenden Männchen von Schimpanse und Orang Utan, welche zuweilen von den Tierhändlern geboten wurden, waren noch gar zu jung, um für meine Zwecke angewandt werden zu können.

Im Früjahr 1909 besuchte mich dann in Stockholm der Vorstand des Anthropologischen Museums in Washington Dr. Al. Hrdlicka. Als ich ihm gelegentlich mitteilte, welche Schwierigkeiten ich erlebt hatte, das geeignete Material für die Untersuchung der Spermien der anthropoiden Affen zu erhalten, hatte er die Güte, mir Hoffnung zu geben, durch seine Vermittelung Testikel des *Orang Utans* zu erhalten. Ein amerikanischer Forscher Dr. Abbott, welcher während der letzteren Jahre auf Sumatra gelebt und dem Museum in Washington reichliches Material von Orang Utanen eingesandt hatte, werde von Dr. Hrdlicka ersucht werden, mir passend konservierte Testikel von diesem Anthropoiden zu verschaffen. Aber diese Hoffnung scheiterte auch, wie so viele andere. Nach einiger Zeit erhielt ich die Nachricht, dass Dr. Abbott erkrankt und von Sumatra abgereist sei. Dr. Hrdlicka hatte jedoch die Liebenswürdigkeit, mir einen im Museum von Washington aufbewahrten, in Weingeist gehärteten Testikel eines Orang Utans anzubieten. Ich nahm sein Anerbieten an, obwohl ich, auf Grund der vielen misslungenen Versuche und Erfahrungen von den Schwierigkeiten, Weingeistmaterial für diese Untersuchungen zu benutzen, geringe Hoffnungen an ein Gelingen hegte. Ich habe hier diese meine Erlebnisse erzählt, um anzudeuten, wie schwierig es sein kann, das geeignete Untersuchungsmaterial für derartige Forschungen zu gewinnen.

Und doch gelang es mir diesmal dank der gütigen Hilfe des Dr. Hrdlicka! Zu meiner Verwunderung und Freude zeigte sich sogleich, als ich im August 1909 den Testikel erhielt, dass in den Epididymisgängen zahlreiche Haufen von Spermien vorhanden waren. Sie befanden sich zwar in diesen Haufen stark zusammengebacken; durch Mazeration in Wasser lösten sich aber die Haufen teilweise auf, und dann zeigte sich, dass die einzelnen Spermien sehr gut erhalten waren. In dieser Weise bekam ich eine Reihe schön isolierter Spermien, welche gemessen, abgebildet und beschrieben werden konnten.

Die Spermien des Orang Utans sind, — ebenso wenig wie diejenigen des Schimpansen und des Gorillas, — meines Wissens bisjetzt von keinem anderen Forscher untersucht und beschrieben worden. In der eigentlichen Fachliteratur konnte ich keine Angaben hierüber finden. Es war deshalb von nicht geringem Interesse, wenigstens von einem dieser Anthropoiden die Spermienform kennen zu lernen und dieselbe mit derjenigen des Menschen vergleichen zu können, mit anderen Worten zu erfahren, in wie weit sie einander ähnlich sind. Jede Tierform hat ja ihren charakteristischen Spermientypus, und im allgemeinen lässt sich sagen, dass einander nahestehende Tierformen auch nahestehende Spermienformen haben. Dies gilt auch ganz besonders innerhalb der Klasse der Säugetiere. Zwar ist bei den höheren Säugetieren derselbe *Grundtypus* der Spermien geltend, und aus einem mehr oder weniger abgeplatteten, ovalen Kopf, einem cylindrischen Verbindungsstück und dem übrigen Teil des Schwanzes zu einem schmalen Faden ausgezogen und in ein feines Endstück endigend, bestehend. Die Verschiedenheiten in

der Gestalt der Spermien sind indessen bei den im System höher stehenden Säugetieren im allgemeinen ziemlich gering. Man darf deshalb bei den einander nahestehenden Organismen derselben keine so bedeutenden und auffallenden Abweichungen erwarten, wie bei manchen niederen Tieren. Um so viel mehr Interesse und Bedeutung haben deshalb solche Verschiedenheiten, wenn sie in der Tat vorhanden sind. Sie beziehen sich dann bei diesen Spermien sowohl auf die Gestalt und die Grösse des Kopfes als auf die Proportionen und Dimensionen des Schwanzes und dessen einzelner Abteilungen.

Schon bei dem ersten Anblick frappierte mich der verhältnismässig auffallende *Unterschied der Spermien des Orangs von denen des Menschen.* Auf der Taf. XXI habe ich in den Fig. 1—20 eine Reihe von Abbildungen der Spermien des Orangs und einzelner Teile derselben wiedergegeben. Und um den Vergleich mit denen des Menschen zu erleichtern, wurde auf dieser Tafel in gleicher Vergrösserung ein ganzes Spermium des letzteren nebst einem Kopfteil, von der Kante gesehen, dargestellt (Fig. 21 und 22). Sowohl der Kopf als der Schwanz und dessen einzelne Abteilungen sind bei dem Orang Utan und dem Menschen auffallend verschiedenartig. Zwar ist die Grösse des Kopfes bei beiden ziemlich gleich, die Gestalt desselben ist aber wesentlich ungleich. Ich gehe jetzt zur Beschreibung der Orangspermien über.

Der *Kopf* dieser Spermien ist, von der Fläche betrachtet, breit oval, mit der grössten Breite an der Mitte oder oft auch etwas nach vorn davon, indem sich die hintere Partie stärker verschmälert. Der eine Seitenrand ist in der Regel weniger konvex als der andere, so dass die Ovale hierdurch mehr oder weniger unregelmässig wird. An der Mitte der Fläche sieht man gewöhnlich einen quer verlaufenden Strich, welcher zuweilen etwas schief gerichtet ist und nicht selten dem hinteren Ende des Kopfes näher liegt. Dieser Strich ist offenbar die hintere Grenze der Kopfkappe (Fig. 1, 2, 9—20). Ziemlich oft findet sich dicht hinter demselben noch ein solcher Querstrich, und zwischen den beiden Strichen bemerkt man ein helles, schmales Querband (Fig. 1, 2, 14), welches einer dünneren Stelle an der Kopfhülle zu entsprechen scheint. Die Kopfkappe steht dagegen zuweilen von der Kopffläche etwas aus (Fig. 1, 2, 10, 15, 17—19). Die Hülle der hinteren Kopfpartie, welche von dem hinteren Querstrich vorn begrenzt wird, ist oft ziemlich dick, glänzend und stark konturiert, liegt aber stets der Kopffläche äusserst dicht an. Das hintere Kopfende ist in der Regel etwas schief abgestutzt (Fig. 8—20) und reicht oft mit seiner einen, dem weniger konvexen Seitenrand entsprechenden Ecke weiter nach hinten als mit der anderen Ecke. An der ersteren, weiter nach hinten reichenden Ecke erkennt man oft, dass eine rundliche Partie, welche als ein Korn erscheint, den eigentlichen Vorsprung bildet (Fig. 1, 2, 9, 12, 13) und zuweilen sogar als ein besonderer kleiner Körper, eine kleine Kugel, auftritt (Fig. 2, 20). Es liess sich nicht sicher entscheiden, ob dieser Körper wirklich vom Kopfe abgelöst sein konnte, oder ob dies nur so schien und derselbe einem Fortsatz der eigentlichen Kopfsubstanz entspreche. An verschiedenen Köpfen erhielt ich in dieser Hinsicht wechselnde Bilder. Neben diesem Fortsatz findet sich die Ansatzstelle des Schwanzes in der Gestalt einer bald ziemlich geraden (Fig. 2, 8, 9, 12, 13, 15, 16, 20), bald konkaven Fläche (Fig. 14, 17, 18, 19); an der anderen Seite dieser Ansatzstelle biegt sich die hintere Kopffläche bald in den anderen konvexeren Kopfrand um.

Von den *Seitenrändern* betrachtet (Fig. 3—7), zeigt sich der Kopf schmal elliptisch mit nur wenig starker Verdickung der hinteren und mit schwacher Zuspitzung der vorderen Partie, wenn man die centrale Axenfläche in den Focus einstellt. Betrachtet man aber den Kopf in der Einstellung der Seitenränder, besonders des konvexeren, sieht man denselben ganz schmal elliptisch, weil die Ränder dünn und ziemlich zugeschärft sind; bei dem Senken des Tubus von dem oben eingestellten Seitenrande wächst die Kopfbreite an, und man bekommt bei der Einstellung der Medianaxenpartie die in Fig. 3, 4, 5 abgebildeten Formen, und zwar gewöhnlich mit einer jederseitigen kleinen Einbuchtung an der Mitte, welche eingesenkten Stellen offenbar der erwähnten Querrinne an den breiten Kopfflächen entsprechen.

Die Köpfe können indessen hinsichtlich der Grösse ziemlich stark wechseln. Die gewöhnliche Grösse ist die in Fig. 1 und 2, 3—5 wiedergegebene. In den Fig. 6—20 habe ich eine Anzahl von Variationen abgebildet, unter denen die Fig. 13 den grössten und Fig. 16 den kleinsten von mir beobachteten Kopf darstellen. Die angeführten Figuren geben auch die anzutreffenden Variationen in der Gestalt an.

Der *Schwanz* stellt einen recht langen Faden dar und besteht aus einem Verbindungsstück, einem Hauptstück und einem Endstück.

Das *Verbindungsstück* (Fig. 1—5, 8) ist verhältnismässig lang, wenigstens anderthalb so lang als die Kopflänge und bildet einen ziemlich dicken Cylinder, welcher gewöhnlich, ohne eine Halspartie zu zeigen, dicht hinter dem Kopfe beginnt und nach hinten hin sich allmählich etwas verschmälert; an dem Übergang zum Hauptstück

ist es deshalb am schmälsten, doch ist es auch hier gegen das letztere deutlich abgesetzt. In der Substanz der Hülle des Verbindungsstückes erkannte ich nur eine undeutliche Körnelung mit einer etwas rauhen Oberfläche. Nur in Ausnahmefällen fand ich Spermien, an denen diese Hülle abgelöst war; dann zeigte sich (Fig. 6, 7) nur der mittlere Axenfaden, und zwar als ein dünner Stab, weshalb die hier abgelöste Hülle offenbar verhältnismässig dick gewesen sein muss. Nur selten sah ich, wie erwähnt, eine deutliche Verschmälerung der Hülle an der Halspartie (Fig. 3, 5). An der Ansatzstelle des Schwanzes am Kopfe, neben dem kornförmigen Fortsatz, konnte an dem zugänglichen Alkohol-Material das Verhalten der Centralkörper leider nicht eruiert werden. Was den Schwanzansatz im übrigen betrifft, so hat es in der Regel den Anschein, dass er nicht der Mittelaxe des Kopfes entspricht, sondern sich der Ecke des weniger konvexen Seitenrandes näher befindet; dies hängt besonders davon ab, dass sich die breite Kopffläche nach dem konvexeren (ventralen) Kopfrande gewöhnlich auffallend mehr erweitert, wodurch diese Kopfhälfte grösser wird.

Das *Hauptstück* des Schwanzes ist vorn verhältnismässig dick, verschmälert sich aber allmählich nach hinten hin und geht zuletzt ohne stark ausgesprochene Absetzung in ein kurzes, schmales *Endstück* über (Fig. 1 und 2). An den einzelnen Spermien kann der Schwanz etwas verschieden lang sein. In den Fig. 1 und 2 habe ich die Variationsbreite der Schwanzlänge, so weit ich dieselbe gefunden habe, wiedergegeben. Das Verbindungsstück wechselt im ganzen wenig an Länge, das Endstück auch nicht; die Wechselungen der Dimensionen des Schwanzes fallen demnach auf das Hauptstück.

Schliesslich habe ich auch beim Orang Utan nicht selten *Doppelschwänze* getroffen. Die Fig. 10 und 11 stellen zwei Beispiele von solchen dar.

Wenn man nun die hier beschriebenen Spermien des *Orang Utans* mit denen des *Menschen* vergleicht, findet man nicht unbedeutende Unterschiede. Um dies deutlicher zu machen, habe ich auf derselben Tafel (XXI) ein ganzes Spermium des *Menschen* (Fig. 21) mit der breiten Kopffläche und zugleich eine Kopfpartie vom Rande gesehen, und zwar in derselben Vergrösserung, mitgeteilt. Was zuerst die Köpfe betrifft, so ist sowohl die Gestalt der breiten Fläche als der Randansicht bei den beiden verschieden. Der Kopf der menschlichen Spermien ist gewöhnlich, von der Fläche betrachtet, bilateral symmetrisch, derjenige des Urangs nicht; der letztere ist auch breiter. Vor allem ist dann die Ansicht von der Seite, die Rand- oder Kantenansicht, sehr ungleich. Während der Kopf der menschlichen Spermien in dieser Ansicht (Fig. 22) in der hinteren Partie auffallend breit, in der vorderen Partie auffallend schmal und zugespitzt (stark abgeplattet) ist, erscheinen die Orang-Spermien in ihrer ganzen Länge schmal elliptisch, in der vorderen Partie wenig schmäler als in der hinteren; die Abplattung der vorderen Partie der Orang-Spermien ist auffallend geringer als an den menschlichen. Ferner ist das hintere Kopfende, wo der Schwanz befestigt ist, an den Orang-Spermien in der Regel mehr oder weniger schief abgestutzt, was an den menschlichen selten vorkommt. An den menschlichen Spermien setzt sich der Schwanz gewöhnlich in der Mitte der hinteren Kopffläche als eine direkte Fortsetzung der Mittelaxe des Kopfes fort; an den Orang-Spermien scheint der Ansatz des Kopfes mehr seitlich zu sein und fällt nicht mit der Mittelaxe des Kopfes zusammen, was von der grösseren Breite der einen Kopfhälfte der Orang-Spermien herrührt.

Das *Verbindungsstück* ist bedeutend länger und dicker an den Orang-Spermien als an den menschlichen; an diesen ist es ungefähr so lang wie die Kopflänge, an jenen mindestens anderthalb mal so lang.

Das *Hauptstück* des Schwanzes ist an den Spermien des Orangs, auch wenn man die Variationsbreite berücksichtigt, länger als bei denen des Menschen. Sein *Endstück* ist aber bei denen des Menschen auffallend viel länger als bei denen des Orangs, wo ich stets ein ganz *kurzes* Endstück fand.

Aus dieser Darstellung geht es hervor, dass wie oben hervorgehoben wurde, die Form der Spermien des Orang Utans recht wesentlich von derjenigen der Spermien des Menschen verschieden ist. Sowohl hinsichtlich der Formverhältnisse des Kopfes als der Proportionen und Dimensionen der Schwanzteile stehen hingegen die Spermien des Orangs denjenigen der niederen Affen näher; ganz besonders gilt dies betreffs des Verbindungsstückes, welches z. B. bei Inuus eine recht bedeutende Länge besitzt.

Nun gilt es aber noch die Form der Spermien des *Schimpansen* und des *Gorillas* kennen zu lernen, ehe man berechtigt wird, allgemein geltende Schlüsse zu ziehen. Es ist ja gar nicht unmöglich, dass ihre Spermienformen derjenigen des Menschen näher stehen, als die des Orang Utans.

5.

# Kleinere Mitteilungen.

## A. Über die sog. Frommann'schen Querlinien der Axencylinder der Nervenfasern.

Taf. XXI, Fig. 23—36.

Im Jahre 1864, nachdem kurz vorher durch v. Recklinghausen die Silberfärbung der Gewebe als eine histologische Methode in die Technik eingeführt worden war, veröffentlichte Frommann [1]) einen Aufsatz »Zur Silberfärbung der Axencylinder». In diesem Aufsatze teilte er mit, dass er nach der Behandlung von *Rückenmarks*schnitten mit einer wässrigen Silberlösung eine gelbe bis braune Färbnng der Axencylinder entweder von homogenem oder sehr feinkörnigem Aussehen oder auch eine Querstreifung derselben durch zarte, etwas glänzende und dicht hintereinander gestellte Leistchen erhalten habe. Die Querstreifung betraf bald die ganzen sichtbaren Abschnitte der Axencylinder, bald nur einzelne Teile derselben und hörte an den Seiten entweder allmählich oder wie abgeschnitten auf. Sie trat sowohl an den breiten wie an den schmälsten Axencylindern der weissen und grauen Substanz hervor. Frommann teilte auch Abbildungen von Partien von sechs mit Silber gefärbten Axencylindern mit, an denen man die von ihm beschriebene Querstreifung in mehreren Variationen sieht und auf welche er hinwies. Am Ende des Aufsatzes fügte er hinzu: Auch an fein zerzupften Präparaten von den peripheren Nerven zeigten frei hervorstehende, gefärbte Axencylinder oft die Querstreifung, seltener war dieselbe an Axencylindern sichtbar, die vom Myelin und der Scheide umschlossen waren, trat dagegen auch dann häufig hervor bei Anwendung einer Lösung von 2 Gran Silbersalpeter auf 1 Unze Wasser. Er wendete sonst nur $^1/_2$—1 Gran auf 1 Unze Wasser an.

Diese durch die Silberfärbung hervorgerufenen Querstreifen oder Querleistchen der Axencylinder wurden dann nach ihrem Entdecker als *die Frommann'schen Linien* bezeichnet und in den meisten Lehr- und Handbüchern erwähnt und mit Abbildungen wiedergegeben. Mehrere verschiedene Ansichten über ihre Natur und Bedeutung wurden von den Autoren dargestellt, ohne jedoch zu einer Einigung zu führen. Da es sich kaum lohnen würde, alle diese verschiedenen Darstellungen und Vermutungen über das Wesen der fraglichen Querstreifen hier anzuführen, werde ich mich darauf beschränken, eine Anzahl derselben wiederzugeben, welche mir als besonders bezeichnend erscheinen.

In der fünften Auflage von Kölliker's Handbuch der Gewebelehre des Menschen vom Jahre 1867 und in der von Max Schultze verfassten Darstellung »Allgemeines über die Stucturelemente des Nervensystems» in Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben, Band I., 1871, finde ich keine Erwähnung der fraglichen Silberlinien.

In mehreren von seinen Arbeiten aus den 70:er Jahren beschrieb Ranvier die Querlinien unter der Bezeichnung »les stries alternatives de Frommann», und er gab auch einige recht gute neue Abbildungen von denselben. Zugleich beschrieb er im Zusammenhang mit den von ihm entdeckten Einschnürungen der Schwann'schen Scheiden und den Unterbrechungen der Myelinscheiden auch seine durch Versilberung hervorgerufenen Kreuze an den Einschnürungen und die bikonischen Anschwellungen der Axencylinder. Eine eigentliche Erklärung und Deutung der Natur der Frommann'schen Streifen habe ich aber in seinen Schriften nicht finden können.

---

[1]) C. Frommann, *Zur Silberfärbung der Axencylinder.* Virchow's Archiv, 31. Band, 1864, VII, S. 151.

In A. Key's und *meinen* »Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes», Band II, 1876, sind auch diese durch Versilberung hervorzurufenden Bildungen am Axencylinder eingehender in Wort und Bild dargestellt. Hinsichtlich der Querstreifen waren wir zu der Ansicht gekommen, dass die Querbänder nicht der eigentlichen Substanz der Axencylinder, sondern einer Flächenschicht derselben angehören; »wir versuchen indessen keine weitere Erklärung» zu geben, fügten wir hinzu, betonten aber, dass sie entweder durch eine Art Schrumpfung der Belegschicht oder durch die bei der Versilberungsmethode kaum zu umgehende Zerrung und Ausdehnung der Axencylinder, welche bei der nötigen Zerfaserung der Nervenfasern stattfinden, hervorgerufen werden.

In Krause's Handbuch der menschlichen Anatomie, dritte Auflage vom J. 1876, ist auch eine Abbildung der fraglichen Querstreifen eingeführt. In seiner Abhandlung »Beiträge zur Kenntnis des Baues der Nervenfasern» (Arch. f. mikrosk. Anatomie, 30. Bd, 1887) kam Schiefferdecker nach einer eingehenden Durchmusterung der Verhältnisse zu dem Schlusse, dass die *Frommann'schen Linien* in der von ihm beschriebenen, nicht als eigentliche Scheidenbildung aufzufassenden »Gerinnselscheide» liegen; sie stehen auch am Rande des Axencylinders immer über diesen etwas über. In Toldt's Lehrbuch der Gewebelehre, dritte Auflage vom J. 1888 heisst es: »Eine zarte Querstreifung des Axencylinders, welche nach Behandlung mit Silbersalpeter stellenweise auftritt (Frommann), ist in ihrer Bedeutung noch unbekannt». Und in Schiefferdecker-Kossel's Gewebelehre, zweiter Band vom J. 1891 äussert der erstere der beiden Autoren hinsichtlich dieser »Frommann'schen Silberlinien»: »Die Art der Entstehung dieser Linien ist noch nicht sicher bekannt. Man findet sie nur an Stellen, wo die Silberlösung durch Unterbrechungen der Markscheide zum Axencylinder hingetreten ist, niemals an dem abgerissenen oder abgeschnittenen Ende der Fasern oder an Axencylindern, die frei aus der Markscheide hervorragen». In Poirier's Traité d'Anatomie humaine (Tome 3, 1894) sind die Frommann'schen Querlinien ebenfalls besprochen. In Böhm-Davidoff's Lehrbuch der Histologie des Menschen (1895) heisst es: »Bei der Versilberung der Nervenfasern treten im Längsschenkel des (Ranvier'schen) Kreuzes eigenthümliche quere Striche auf, die man als Frommann'sche Linien bezeichnet. Die Entstehung und Bedeutung derselben ist noch nicht genügend aufgeklärt.»

In der 6:ten Auflage seines Handbuchs der Gewebelehre des Menschen vom J. 1896 (2. Band, I) bespricht auch Kölliker diese Bildungen: »Höllenstein färbt den Achsencylinder schwärzlich und erzeugt an ihm mehr weniger deutliche, meist körnige, dunkle Querstreifen (Frommann). Diese sogenannten *Frommann'schen Linien* rühren von Silberniederschlägen her, die zum Theil im Axencylinder drin ihren Sitz haben, zum Theil auch in einem Gerinnsel, das zwischen dem Axencylinder und dem Marke in einem Raume auftritt, den Schiefferdecker als *periaxialen Spaltraum* bezeichnet und, für einmal ohne bestimmte Beweise, als normal und mit einer minimalen Menge von Lymphe oder Ernährungsflüssigkeit erfüllt, betrachtet. Im übrigen sind die Frommann'schen Linien in ihrer Anordnung und Menge sehr wechselnd und treten an ganzen Nervenfasern zuerst in der Gegend der Ranvier'schen Einschnürungen auf.» Die von Kölliker gelieferten Abbildungen der Frommann'schen Linien an Fasern des Ischiadicus des Frosches sind nicht gut und wenig naturgemäss; er scheint von ihnen also nicht gute Präparate gehabt zu haben.

In S. Ramón Cajal's grossem Werke »Textura del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados», Tomo I (1899) finden sich auch Figuren von Nervenfasern des Frosches mit Frommann'schen Linien, obwohl nicht so schön und reichlich, als man sie erhalten kann. Dieselben sind in der neuen grossen französischen Ausgabe des Werkes vom J. 1909 wiedergegeben; und in beiden diesen Ausgaben findet man eine nähere Beschreibung der Linien, die ich aus der letzteren hier verkürzt referiere. Nach Silberbehandlung sieht man jederseits von den Einschnürungen und dem Disque am Axencylinder körnige, schwarze Querlinien, die sich immer mehr voneinander entfernen und weniger dunkel werden. Oft sind zwei derselben jederseits vom Disque und iu der Nähe desselben stärker und dunkler (les disques complémentaires). Alle diese Streifen sind in der Tat oberflächliche Ringe am Axencylinder, die gewöhnlich in der Region der Einschnürungen auftreten, aber an jeder Stelle desselben hervorgerufen werden können, wenn nur der Axencylinder bei der Versilberung vollständig entblösst wird.

In Huber's »A Textbook of Histology» (1900) konnte ich keine Erwähnung der fraglichen Linien finden.

Obersteiner bespricht sie aber und bildet sie in seiner »Anleitung beim Studium des Baues der nervösen Centralorgane» (Vierte Auflage vom J. 1901) ab. Nach Behandlung mit Silberlösung entstehen am Tageslichte am Axencylinder Reihen von alternierenden braunen und hellen Querbändern. »Diese Bräunung durch Silber betrifft aber nur anscheinend den Axencylinder selber, thatsächlich ist es eine äusserst dünne, zarte Membran, die den Schlauch darstellt, in welcher die flüssige Axencylindersubstanz mit den Fibrillen enthalten ist, die Axencylinderscheide. Man sieht häufig am Ende einer Faser den geronnenen Axencylinder ungefärbt aus seiner gebräunten

Scheide eine Strecke weit heraustreten. Diese zuerst von FROMMANN am Axencylinder beschriebene Zeichnung — daher als FROMMANN'sche Streifen bekannt — findet sich auch an peripheren Nerven, ferner an noch marklosen Rückenmarksnerven neugeborener Thiere, kann aber auch an der Adventitia der Gefässe und anderen nicht nervösen Geweben, selbst an Gelatinefäden dargestellt werden, ist also keineswegs etwas für den Axencylinder Charakteristisches (RABL, A. FISCHEL). Es handelt sich dabei nicht so sehr um eine histologische, als vielmehr um eine physikalische Erscheinung.»

In SZYMONOWIC's Lehrbuch der Histologie von demselben Jahre (1901) sind auch die FROMMANN'schen Silberlinien erwähnt, welche bräunliche Querstreifung »jedoch als Kunstprodukt anzusehen ist», und zwar als Niederschläge in einer den Axencylinder umgebenden Kittsubstanz.

In RAUBER-KOPSCH's Lehrbuch der Anatomie des Menschen (7:te Auflage, I, 1906) werden die FROMMANN'schen Linien erwähnt, aber ohne weitere Besprechung oder Deutung. In QUAIN's Elements of Anatomy, Vol. III, Neurology by SCHÄFER and SYMINGTON (1908) finde ich eine Abbildung der Querlinien (nach RANVIER), aber im Texte keine Erwähnung der fraglichen Querstreifen.

In der letzten (14:ten) Auflage von STÖHR's Lehrbuch der Histologie (1910) sind diese Bildungen erwähnt und abgebildet, und zwar als eine Schwärzung der Kittsubstanz: »Auch die Behandlung mit Höllensteinlösungen zeigt diese Kittsubstanz an den Schnürringen, sowie eine sehr deutliche Querstreifung der benachbarten Partien des Achsencylinders», und in einer Note wird dazugefügt: »Ein Kunstprodukt», über dessen Bedeutung auf eine andere Note hingewiesen wird, welche folgendermassen lautet: »Querstreifen, die bei Behandlung mit Silbernitrat in den verschiedensten Gewebselementen und Organen, besonders an Nervenfasern, Blutgefässen, an Knorpel etc. auftreten, sind Kunstprodukte, die dort erscheinen, wo kolloide Gebilde unter Einwirkung von Silbernitrat besonders unter gleichzeitiger Säurewirkung erstarren».

Schliesslich finde ich in der von FÜRBRINGER umgearbeiteten 8:ten Auflage von GEGENBAUR's Lehrbuch der Anatomie des Menschen (1. Band, 1909) die FROMMANN'schen Streifen besprochen. Nach einer Beschreibung der Axencylinderscheide (Axolemma) als eine sehr dünne und nachgiebige Scheide von der Konsistenz einer Crusta, heisst es: »Durch Versilberung kann man am Axolemm eine Querbänderung (FROMMANN'sche Streifen) hervorrufen, welche aber nicht der Ausdruck einer wirklichen Querstreifung, sondern ein Phänomen der Versilberung ist und auch an anderen Geweben in ähnlicher Erscheinung durch Silberniederschläge hervorgerufen wird».

Aus dieser Zusammenstellung einer Reihe von Äusserungen von Fachmännern und Lehrbüchern hinsichtlich der Beschaffenheit und Bedeutung der FROMMANN'schen Linien an den Axencylindern geht hervor, dass die Ansichten hierüber wechselnd gewesen sind. Im allgemeinen scheint man geneigt zu sein, dieselben eher als Kunstprodukte als natürlichen Strukturverhältnissen entsprechend aufzufassen. Ein solcher Fachmann wie SCHIEFFERDECKER verlegt ihr Entstehen in seine Gerinnselscheide; andere erklären sie als Niederschläge in einer den Axencylinder umgebenden Kittsubstanz, während wieder andere ihre Entstehung und Bedeutung als »noch nicht genügend aufgeklärt» angeben. Im allgemeinen scheint man aber in den letzten Jahren immer mehr dazu geneigt zu sein, sie als »Kunstprodukt» aufzufassen. Darüber scheinen indessen alle einig zu sein, dass die Linien der Quere nach angeordnete *Ringe* darstellen und *an der Oberfläche der Axencylinder* gelegen sind, indem einige Autoren auch angeben, dass sie die Oberfläche dieser Cylinder etwas überragen. Die Abbildungen, welche von diesen Querstreifen bisher veröffentlicht sind, wechseln auch recht sehr und sind im allgemeinen nicht besonders gut und bezeichnend. Im ganzen sind wohl die von FROMMANN selbst im J. 1864 mitgeteilten sowie die von RANVIER gelieferten Figuren als die besten zu bezeichnen.

Was nun mich selbst betrifft, so muss ich gestehen, dass ich auch zweifelhaft gewesen bin, ob man diese Bildungen als natürlichen Strukturelementen entsprechend anzusehen habe oder nicht. Zwar sind sie oft, ja bei guter Präparation sogar gewöhnlich, so regelmässig angeordnet und beschaffen, dass man sie ungerne nur für unnatürliche Niederschläge hält. Da es aber auch »regelmässige Kunstprodukte» geben könnte, so lässt sich ihr Wesen nicht ohne weiteres entscheiden.

Im Sommer 1909 mit einer alten Lieblingsfrage, den Zellen der cerebrospinalen Ganglien und ihren Kapseln und Scheiden, von neuem beschäftigt, erhielt ich nach gewöhnlicher Versilberung (Arg. Nitr. 1:500 dest. Wasser) an den markhaltigen Nervenfasern aus dem Trigeminus erwachsener Haie (Squalus Acanthias) sehr schöne und reine Reihen von *Fromman'schen Linien.* In Damarharz übergeführt, wurden die Präparate sehr klar und erläuternd.

Bei der Durchmusterung derselben bei stärkster Vergrösserung fand ich nun, dass diese sog. »Querstreifen» oder »Querlinien» hier und da ganz deutlich eine *spiralige* Anordnung darboten. Dies trat ganz besonders scharf

an solchen Fasern hervor, welche bei der Versilberung durch die Präparation (Zerfaserung mit Präpariernadeln unter der Lupe) etwas ausgezogen worden waren. An solchen Fasern erkennt man nun auch in der Regel, dass die Querstreifen an verschiedenen Regionen der Faser verschieden weit voneinander liegen und eine verschiedene Breite zeigen. Die Fig. 25 und 24 der Taf. XXI bieten diese Tatsache sehr prägnant dar. Dort, wo die Streifen mehr voneinander entfernt wurden, sind sie auffallend breiter, und sie erscheinen bedeutend schmäler, wo sie dichter liegen; zwischen diesen Stellen gibt es alle Übergänge. Wie bekannt, tritt die Braunfärbung besonders beiderseits von den Ranvier'schen Einschnürungen ein und verliert sich allmählich eine kürzere oder längere Strecke von diesen ab. Nicht selten sind aber diese Strecken ganz bedeutend, und dies hängt offenbar, wie Cajal betont, von der eventuellen Entblössung des Axencylinders, d. h. von dem Zugänglichwerden der Silberlösung an denselben ab. Ganz interessant sind in dieser Beziehung solche Fasern, wo (z. B. Fig. 26, 34) stark ausgezogene Partien mit nicht oder wenig ausgezogenen wechseln. Gerade an solchen Fasern lässt sich auch die *spiralige* Beschaffenheit der »Querlinien» vorteilhaft studieren. Man bemerkt nämlich an den ausgezogenen Stellen gewöhnlich deutlich, dass die »Linien» Schlingen eines Spiralbandes darstellen; sie stehen dann in der Regel in schiefer Anordnung gegen die Axe des Axencylinders und lassen sich bei Erhebung und Senkung des Tubus spiralig um die Aussenfläche des Axencylinders verfolgen. Hierbei fand ich sie stets nur in einer Richtung verlaufend, nämlich *von unten-links nach oben-rechts*. An den zwischen den in dieser Weise ausgezogenen Stellen befindlichen, weniger oder nicht ausgezogenen Partien (Fig. 34) sind die »Querlinien weit mehr der Quere nach gestellt, gewöhnlich auch schmäler und dichter angeordnet, ja so dicht, d. h. durch so enge helle Zwischenräume getrennt, dass man die spiralig verlaufenden, vereinigenden Teile der Spiralfaser kaum oder nicht wahrzunehmen vermag. An solchen Axencylindern dagegen, die in langer Strecke stark ausgezogen sind, kann man das Spiralband deutlich weit verfolgen. Man sieht es dann als ein mehr oder weniger breites, dünnes, in der Oberflächensubstanz des Cylinders nicht oder nur äussert wenig an derselben hervorragendes Band von mehr oder weniger gelber oder brauner Farbe; die Grenzen dieses Bandes sind recht scharf gegen die zwischen seinen dunklen Schlingen gelegenen hellen Schlingen des hellen Zwischenraumes abgesetzt. Die Substanz des von der Silberlösung gefärbten Bandes ist feinkörnig, und die fraglichen Körner sind je nach der Stärke der Farbe gelblich bis braun. Zwar scheinen auch zuweilen ganz dunkle Silberkörner hier vorkommen zu können; die allermeisten gefärbten Körner in den Bändern scheinen aber offenbar der Substanz derselben anzugehören und liegen dann dicht zusammen. Zuweilen findet man an abgerissenen Enden der ausgezogenen Axencylinder (Fig. 29) auch das braune Spiralband abgerissen und stumpf hervorragend; an solchen Stellen ist die spiralige Beschaffenheit des Bandes ganz besonders deutlich und auffallend.

Eigentümlich sind die hier und da, aber nur in bedeutenden Abständen vorkommenden breiten Knotenpunkte (Fig. 35, 36), wo eine stark gefärbte ringförmige Verdickung des Axencylinders vorhanden ist; man bemerkt hier bald einen, wenigstens scheinbar einfachen Ring (Fig. 35); bald ist derselbe in zwei dicht aneinander liegende Ringe geteilt (Fig. 36), mit nur einem schmalen Zwischenraum zwischen denselben. Beiderseits von diesen Verdickungen verschmälert sich in der Regel der Axencylinder und trägt sehr dichte und schmale, schwach gefärbte Frommann'sche Linien. Ob nun diese ringförmigen Verdickungen den Disquen der Ranvier'schen Einschnürungen entsprechen, oder ob sie nur zufällige Zusammenziehungen der Axencylinder darstellen, konnte ich nicht sicher entscheiden; in mehreren Fällen schien mir aber die erste Alternative wahrscheinlich.

Wie soll man nun alle diese sonderbaren Färbungsbilder deuten? Die Regelmässigkeit in der Anordnung der spiraligen Bänder und die verhältnismässig reine Färbung derselben sprechen kaum für die Auffassung, dass sie nur Kunstprodukte sind. Mir scheint es bis auf weiteres annehmbarer, dass sie wirklich einer Art Strukturverhältnis entspricht, und dass an oder in der Oberfläche des Axencylinders eine solche spiralig bandförmige Anordnung der Schicht vorhanden ist. Nur beim Dehnen des Axencylinders tritt jedoch die spiralige Beschaffenheit hervor, wobei auch die Bänder durch die Dehnung viel breiter werden als in der natürlichen Lage, in welcher die Bänderschlingen viel schmäler sind und dicht zusammenliegen, wobei sie auch als ringförmig erscheinen.

Die hier beschriebenen Strukturverhältnisse habe ich bisjetzt nur bei den Haien wahrgenommen. Einigemal versuchte ich auch bei anderen Tieren, besonders bei Knochenfischen und Kaninchen, die Versuche nachzumachen, erhielt aber keineswegs so erläuternde Bilder wie beim Haie. Ich habe nicht Zeit gehabt, diese Untersuchungen bei anderen Tieren weiter zu verfolgen, habe aber gedacht, dass es von Interesse sein könnte, die betreffenden Befunde hier mitzuteilen.

## B.

## Die Fraentzel'sche Silberzeichnung an den Spinalganglienzellen.

Im Jahre 1867 zeigte O. Fraentzel [1]), dass an frisch gemachten Schnitten von cerebrospinalen Ganglien des Menschen und des Hundes eine Art von Zeichnung schwarzer Linien durch die Behandlung derselben mit Silbernitratlösung hervorgerufen wird. Er erklärte diese Zeichnung aus dem Vorhandensein einer die Kapseln der Ganglienzellen inwendig auskleidenden Schicht polygonaler Zellen. Er fand indessen diese Felderzeichnung, von welcher er auch ein paar Abbildungen beifügte, keineswegs immer als eine vollständige und deutliche.

Diese dann zuerst von Henle und Merkel ebenso wie von G. Schwalbe und v. Lenhossék bestätigte Fraentzel'sche Mosaikzeichnung an den betreffenden Kapseln wurde später von einigen Autoren erwähnt, von anderen aber nicht. Von Abbildungen dieser Zeichnung habe ich — mit Ausnahme von Fraentzel's eigenen wenigen und im ganzen ziemlich schlechten Figuren — bisher nur eine einzige Figur in der Literatur antreffen können, und diese Figur gibt von der Zeichnung nur ein sehr kleines Stück wieder.

Weil ich vor einigen Jahren, mit einer anderen Untersuchung beschäftigt, hin und wieder bei verschiedenen Tieren diese Silberzeichnung an den Ganglienzellen erhielt und sie abbildete, finde ich es angemessen, einige Figuren von ihnen hier mitzuteilen.

Es würde indessen zu weit führen, auf die Frage vom Baue der Kapseln und der sie inwendig bekleidenden Zellen näher einzugehen. So verlockend auch für mich, will ich diesmal davon abstehen. Ich will nur darauf hinweisen, dass im II. Bande des von A. Key und *mir* im Jahre 1876 herausgegebenen Werkes »Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes» die Kapseln und die dieselben inwendig auskleidenden abgeplatteten kleinen Zellen beim Menschen und bei verschiedenen Tieren eingehend beschrieben und abgebildet worden sind. Wir zeigten auch, dass sich die Kapsel in die Schwann'sche Scheide des von der Ganglienzelle abgehenden Axencylinderfortsatzes direkt fortsetzt, und dass die die Kapsel inwendig bekleidenden Zellen in der Regel abgeplattet sind, aber auch dicker sein und nicht wenig in das Lumen hineinragen können. Ferner schilderten wir auch eingehend das die Ganglienzellen umgebende endoneurale Bindegewebe und die von uns entdeckte, die Nervenfasern, d. h. ihre Schwann'schen Scheiden, umschliessende, bindegewebige Scheide, welche wir damals als die *Fibrillenscheide* bezeichneten, weil sie beim Menschen und den höheren Tieren grösstenteils aus längsverlaufenden Bindegewebsfibrillen besteht.

Diese Darstellung von Key und *mir* hat man später vergessen oder im allgemeinen unrichtig wiedergegeben. Die Fibrillenscheide hat man immer wieder als eine »Henle'sche Scheide» beschrieben. Schon im Jahre 1898 zeigte ich [2]), dass erstens Henle diese Scheide nicht entdeckt oder erwähnt hat, und zweitens, dass Ranvier, welcher diese Benennung gegeben hat, *eine ganz andere Bildung* mit diesem Namen bezeichnete, nämlich nicht die *endoneurale* Scheide der in den Ganglien und deren Zweigen verlaufenden Nervenfasern, sondern die dünne, aus wenigen Blatttuben bestehende *perineurale* Scheide, welche die feinen peripherischen Nervenäste umhüllt. *Nach innen von dieser perineuralen* (Henle'schen) Scheide liegt noch die von Key und *mir* entdeckte und beschriebene *endoneurale* Scheide, welche vor einigen Jahren Ruffini auch beschrieb, ohne von Key's und *meiner* schon viele Jahre vorher (1876) gegebenen Darstellung Kenntnis zu haben, und die man noch ganz falsch als »Henle'*sche Scheide*» bezeichnet. So schwer ist es oft, eingewurzelte irrige wissenschaftliche Vorstellungen auszurotten. In einigen Hand- und Lehrbüchern ist jedoch die Sache nunmehr richtig dargestellt; so z. B. in Ph. Stöhr's Lehrbuch der Histologie.

Nun ist zu bemerken, dass man noch hier und da die Angabe findet, dass die *Kapseln* der Spinalganglienzellen in diese (irrig als Henle'sche Scheiden) von mir nunmehr als *Endoneuralscheiden* bezeichneten Scheiden übergehen. Man stützt sich hierbei auf Angaben von M. v. Lenhossék. Es ist mir immer schwer verständlich gewesen, dass dieser so scharfe und feine Beobachter dieser Auffassung huldigen konnte. Durch seine grosse Autorität auf dem Gebiete des Nervenhistologie lebt noch diese, meiner Ansicht nach unrichtige Auffassung und wird hin und wieder angeführt.

---

[1]) O. Fraentzel, *Beitrag zur Kenntnis von der Struktur der spinalen und sympathischen Ganglienzellen.* Virchow's Archiv, Band 38, § 549, 1867.
[2]) Gustaf Retzius, *Was ist die Henle'sche Scheide der Nervenfasern?* Anatomischer Anzeiger, XV. Band, N:o 9, 1898, S. 140.

Wahrscheinlich hängt diese Ansicht v. LENHOSSÉK's davon ab, dass in seinen Schnittpräparaten die so äusserst dünne Kapselmembran den sie umgebenden, mehr oder weniger dicken, endoneuralen Bindegewebslamellen so dicht angeschlossen lag, dass sie nicht als besondere Schicht hervortrat. Hätte er, wie ich und KEY bei unseren Untersuchungen in den Jahren 1870—76 und ich später für meine Arbeit vom Jahre 1880, die Einstichinjektion mit Osmiumsäure und dann die Zerzupfungsmethode hinreichend benutzt, wäre er gewiss zu einem anderen Ergebnis gelangt. In seiner Abhandlung vom Jahre 1886 [1]) stützt er sich unter anderem auch auf zwei von meinen Figuren vom J. 1880, in welchen das Hinzutreten der Endoneuralscheide nicht deutlich angegeben worden ist, weshalb die Figuren gerade für die vorliegende Frage keine Beweise abgeben. Indessen haben sich in der späteren Zeit gewichtige Stimmen in derselben Richtung geäussert, welche mit der von *mir* und KEY gehuldigten übereinstimmen. Ich will von diesen Autoren [2]) hier nur die Ansicht von DOGIEL [3]) in seiner letzten grossen Arbeit über die Spinalganglien anführen, in welcher er u. a. folgendes äussert: »Das Studium derartig vorbereiteter Präparate ergab nun, dass sämtliche der weiter unten angeführten Typen von Spinalganglienzellen zweierlei Hüllen haben: die eine derselben umgibt unmittelbar die Zelle, die andere enthält die schlingenförmigen Windungen oder die Verzweigungen des Hauptfortsatzes, oder aber die Dendriten mit ihren Verzweigungen und den schlingenförmig gewundenen Teil desselben. Die erste Hülle bezeichne ich als Kapsel, die zweite als Bindegewebshülle der Spinalganglienzellen. . . In anbetracht des Mitgeteilten hat der von ihm (LENHOSSÉK) angeführte Beweis zu gunsten der Ansicht, dass die Kapsel nicht unmittelbar auf den Fortsatz übergeht, für mich keine Gültigkeit. Soviel ich nach meinen mit Methylenblau gefärbten Präparaten urteilen kann, geht vielmehr bei sämtlichen Spinalganglienzellen, deren Hauptfortsätze sich in der Bindegewebshülle nicht verästeln, die Zellkapsel allmählich auf die genannten Fortsätze über und umhüllt dieselben unter dichter Anlagerung an sie in Gestalt einer äusserst feinen Membran».

Soweit ich CAJAL's Darstellung in seiner neuen grossen »Histologie du système nerveux de l'homme et des vertébrés» (Tome I, 1909) recht verstehe, ist dieser Forscher gleicher Ansicht.

Nach dieser Abschweifung auf das Gebiet der historischen Data kehre ich nun zu dem eigentlichen Gegenstand dieses Aufsatzes zurück. Wie oben erwähnt, hatte FRAENTZEL schon im Jahre 1867 an den Ganglienzellen der Spinalganglien des Menschen und des Hundes mit Höllensteinlösung eine mosaikartige Zeichnung entdeckt und beschrieben, welche bald danach von einigen Autoren bestätigt und erwähnt, von anderen aber nicht beachtet wurde; und die einzigen Abbildungen derselben, die ich in der Literatur finden konnte, waren FRAENTZEL's eigene, ziemlich schlechte Figuren, und eine von M. v. LENHOSSÉK in seiner Abhandlung vom Jahre 1886 gelieferte, kleine Figur mit einigen, teilweise schwerverständlichen Zellengrenzen. »Allerdings», sagt er, »ist es nicht leicht, dieselben darzustellen, ja in den meisten Fällen bleibt die Imprägnation total erfolglos; allein nach vielen vergeblichen Bemühungen bekommt man endlich dennoch gelungene Präparate, welche dann zureichen, de Beobachter von der Existenz einer endothelialen Auskleidung mit genügender Sicherheit zu überzeugen.»

In gewisser Übereinstimmung mit G. SCHWALBE, welcher in seiner Abhandlung »Über den Bau der Spinalganglien nebst Bemerkungen über die sympathischen Ganglienzellen» vom Jahre 1868 nach den Methoden FRAENTZEL's das Vorkommen der Felderzeichnung an den Kapseln der Spinalganglienzellen bestätigen konnte, dieselbe aber nicht als ein inwendiges Kapselepithel, sondern als eine endothelartige Zusammensetzung der Kapsel selbst deutete, erklärte v. LENHOSSÉK diese Zeichnung doch in etwas anderer Weise, nämlich so, dass die Kapsel nicht bloss aus diesen Zellen besteht, sondern »dass dieselben die innere Fläche der von einer bindegewebigen Membran gebildeten Hülle nur gleichsam austapeziren.»

Schliesslich ist hier zu bemerken, dass RAMÓN CAJAL in seinem oben angeführten grossen Werk mitteilt, dass er mittelst der Methylenblaufärbung eine intensiv tingierte endotheliale Zeichnung von Zellengrenzen an diesen Kapseln bekommen hat.

Im ganzen sind also die Angaben über die zuerst von FRAENTZEL dargestellte Felderzeichnung hinsichtlich ihrer Bedeutung recht verschiedenartig.

Ich werde nun die drei von mir gemachten Abbildungen derselben hier wiedergeben. Sie stammen vom *Kaninchen, Huhn* und *Hecht.* Fig. 1 stellt eine Gruppe von zehn Ganglienzellen aus dem Ganglion Gasseri eines erwachsenen Kaninchens dar. Die Fig. 2 gibt sieben Ganglienzellen und eine isolierte solche Zelle aus einem

---

[1]) M. v. LENHOSSÉK, *Untersuchungen über die Spinalganglien des Frosches.* Archiv f. mikroskop. Anatomie, Band 26, 1886.

[2]) In dem neuen grossen Werke von G. LEVI (*I Gangli cerebrospinali*, 1908) habe ich vergebens nach einer näheren Besprechung der hier vorliegenden Fragen und besonders der FRAENTZEL'schen Felderzeichnung gesucht.

[3]) A. S. DOGIEL, *Der Bau der Spinalganglien des Menschen und der Säugetiere*, 1908.

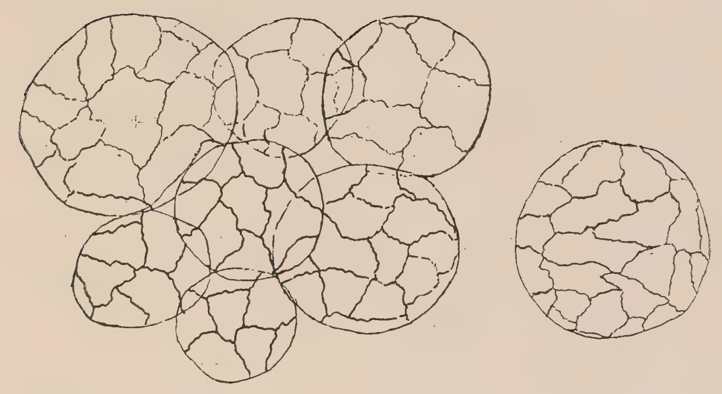


*Fig. 1.* Ganglienzellen aus dem Ganglion Gasseri des Kaninchens. Behandl. mit Höllensteinlösung. Verick's Obj. 7 und Okul. 3, ausgezog. Tubus.

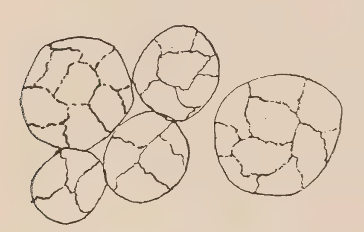


*Fig. 3.* Ganglienzellen aus dem Ganglion Gasseri des Hechtes. Behandl. mit Höllensteinlösung. Verick's Obj. 7 und Okul. 3, ausgezog. Tubus.

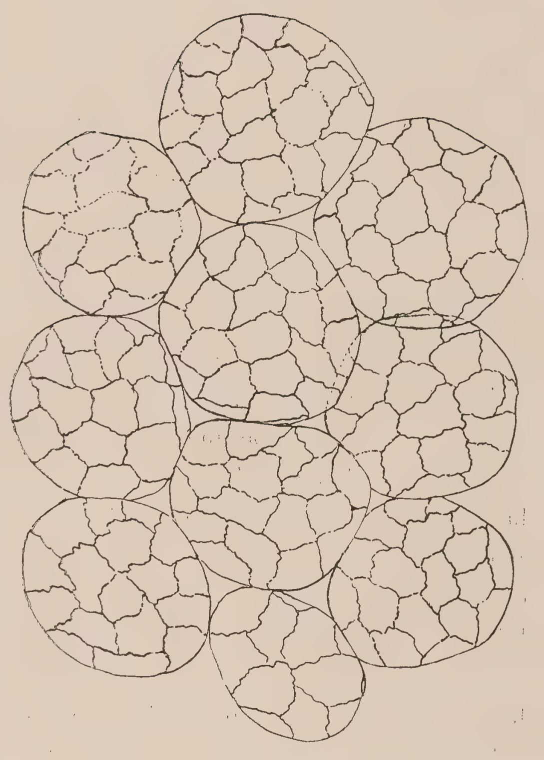


*Fig. 2.* Ganglienzellen aus einem Spinalganglion des Huhns. Behandl. mit Höllensteinlösung. Verick's Obj. 7 und Okul. 3, ausgezog. Tubus.

Spinalganglion eines einmonatlichen Huhns und Fig. 3 fünf Ganglienzellen (der unipolaren Art) aus dem Ganglion Gasseri eines erwachsenen Hechts wieder.

In allen diesen Bildern erkennt man ungefähr dieselbe Art von Silberfärbung polygonaler Felder wechselnder Form und etwas wechselnder Grösse. Diese Felderzeichnung ähnelt in der Tat in hohem Grade einem gewöhnlichen endothelialen Mosaik. Die Konturen der Felder liegen, so weit man sicher sehen konnte, in demselben Plan wie die Kapselhaut selbst, so dass daraus hervorgehen dürfte, dass die besonders von Schwalbe geäusserte Ansicht die richtige ist. Indessen ist zu betonen, dass diese Haut so äusserst dünn ist, dass es sehr schwer oder sogar nicht möglich ist, in dieser Weise das Problem zu lösen. Ich bemühte mich dann an den versilberten Ganglienzellen dünne Querschnitte zu machen, um an solchen zu entscheiden, ob die Silberlinien sich nur an einer Seite der Haut befinden, oder diese durchsetzen, konnte aber auch hierdurch nicht die Frage entscheiden. Ich hoffe aber noch einmal auf sie zurückkommen zu können. Ihre Lösung ist offenbar schwerer, als man glauben könnte; sie ist aber für die Kenntnis der Spinalganglien nicht ohne Interesse.

C.

## Die Versilberungsbilder an der Körperoberfläche der Myzostomiden.

In einigen früheren Mitteilungen in dieser Serie (Biol. Unters.) habe ich die Ergebnisse einer Reihe von Untersuchungen über die Verteilung und Anordnung der sensitorischen Zellen an der Körperoberfläche verschiedener wirbelloser Tiere veröffentlicht. Ganz besonders behandeln diese Mitteilungen die betreffenden Verhältnisse bei den verschiedenen Klassen und Ordnungen der Würmer, weil bei ihnen diese Verhältnisse in mancher Hinsicht ein verhältnismässig grosses Interesse darbieten. Die von mir für diese Untersuchungen am meisten angewandte Methode, die Versilberung, hat sich auch bei diesen Tieren in besonderem Grade bewährt und sehr erläuternde Ergebnisse geliefert. Dies ist v. a. bei den Polychäten der Fall gewesen. Bei einzelnen Gruppen und Familien hat sich jedoch diese Methode als schwer anwendbar gezeigt. Unter diesen letzteren war auch die eigentümliche Familie der parasitisierenden *Myzostomiden*, welche zwar meistens zu den Polychäten geführt worden ist, sich aber offenbar von diesen sehr differenziert hat. Die hier oben in der Abteilung 3 ausführlich beschriebenen und abgebildeten Spermien von Myzostoma geben u. a. auch von dieser Tatsache ein gutes Zeugnis.

Ich wünschte schon lange, die fraglichen Verhältnisse in der Körperhaut dieser Tiere zu eruieren, und habe mehrmals dies auszuführen versucht. Es zeigte sich aber, dass diese Untersuchung nicht unbedeutende Schwierigkeiten darbietet. Die Epidermisschicht der Körperoberfläche dieser Tiere ist von loser Beschaffenheit und wird trotz der sie bekleidenden Cuticula (Nansen) leicht verdorben. Um die Höllensteinlösung zu applizieren, muss natürlich das an und in ihr befindliche Salzwasser durch destilliertes Wasser ausgewaschen werden. Nach einer Reihe von mehr oder weniger misslungenen oder nur teilweise gelungenen Versuchen erhielt ich jedoch im letzten Sommer eine Anzahl von recht gut versilberten Exemplaren von *Myzostoma cirriferum,* und zwar nach möglichst kurzer Behandlung mit destilliertem Wasser und ein wenig Alkohol. Ich versuchte auch bei diesen Tieren mit kurzer Behandlung mit schwacher Formalinlösung, aber ohne guten Erfolg.

Am besten gelang die Silberfärbung an der Dorsalfläche, v. a. der mittleren, stark konvexen Partie des Tieres. Am nächsten kam dann die mittlere Partie der Ventralfläche; am schwersten gelang die Färbung der dünnen Seitenrandpartie mit den Cirren; in einigen Präparaten liess sich aber auch dieser Teil ziemlich gut studieren.

Bei einer Durchmusterung der betreffenden Literatur habe ich keine hinreichend genauen Angaben über das Vorkommen spezifischer sensorischer Zellen in der Epidermisschicht antreffen können. In Fridtjof Nansen's monographischem Werke über den Bau der Myzostomen [1]), in welchem auch das Nervensystem und seine Struktur ganz besonders eingehend beschrieben und abgebildet worden sind, traf ich keine Erwähnung solcher Zellen in der eigentlichen Epidermisschicht der Körperhaut. In dem kurzen Kapitel über Sinnesorgane sind nur die am Ende des Pharyngealrohres befindlichen Tentakel und die am Körperrande gelegenen Cirren, welche beide sowohl Nerven als Epidermiszellen enthalten, erwähnt. Unter den letzteren sind aber keine besonderen Sinneszellen beschrieben, und keine solche abgebildet. Dagegen sind zwar feine Nervenfasern in Verbindung mit den gewöhnlichen, kurz cylindrischen Epidermiszellen dieser Organe dargestellt, aber in so schwacher Vergrösserung, dass man das nähere Verhältnis nicht sicher auffassen kann. In dem Oesophagus sind dagegen spindelförmige, mit Nervenfasern in Verbindung stehende Sinneszellen wiedergegeben. Für die Untersuchung der Verhältnisse an der Körperoberfläche hat man also, so weit ich finden konnte, in diesen früheren Darstellungen keine Leitung.

Ich muss mich deshalb an meine eigenen Befunde halten. Dass die Tiere überall an ihrer Körperoberfläche für Berührung sensibel sind, ist leicht darzulegen, denn sie bewegen sich und fliehen schon bei leiser Berührung der äusseren Haut.

Mit der Höllensteinlösung erhielt ich nun folgende Befunde. An der ganzen dorsalen Oberfläche des Körpers trat in gut gelungenen Präparaten eine schöne und regelmässige Zeichnung von kleinen, fünfeckigen oder etwas ungleichförmig gestalteten Feldern hervor. Hier und da bemerkt man in den zusammenstossenden Ecken dieser Felder, aber auch in den Grenzlinien derselben, kleine, runde, dunklere Körner oder Knöpfe, welche bald mehr einzeln, bald etwas dichter liegen. Am dichtesten fand ich diese letzteren an der oberen, mittleren Wölbung der

---

[1]) Fridtjof Nansen, *Bidrag til Myzostomernes Anatomi og Histologi,* Bergens Museum, 1885.

Dorsalfläche. Ich teile hier im Texte einige Figuren von kleineren Partien dieses Mosaiks mit. Die Fig. 2 stellt eine solche Partie von der mittleren Dorsalfläche dar. Man sieht hier in der Umgebung der polygonalen Felder die kleinen, dunklen Knöpfe, teilweise in dichter Anordnung. An dem grössten Teile der Oberfläche der dorsalen Körperhaut, und zwar besonders gegen die Seitenränder hin, sind diese dunklen Knöpfe nicht so zahlreich vorhanden, sondern liegen in mehr zerstreuter Anordnung (Fig. 3, etwas stärker vergrössert). Die Fig. 1 zeigt oben die dünne Randpartie mit einem Cirrus; hier sind die dunklen Knöpfe ziemlich sparsam, an dem Cirrus selbst aber zahlreicher vorhanden. Der dunkle Querstrich in der Figur deutet die Grenze der starken dorsalen Wölbung der Körperoberfläche an. Die Fig. 4 gibt in etwas stärkerer Vergrösserung eine kleine Partie des Seitenrandes mit einem Cirrus wieder.

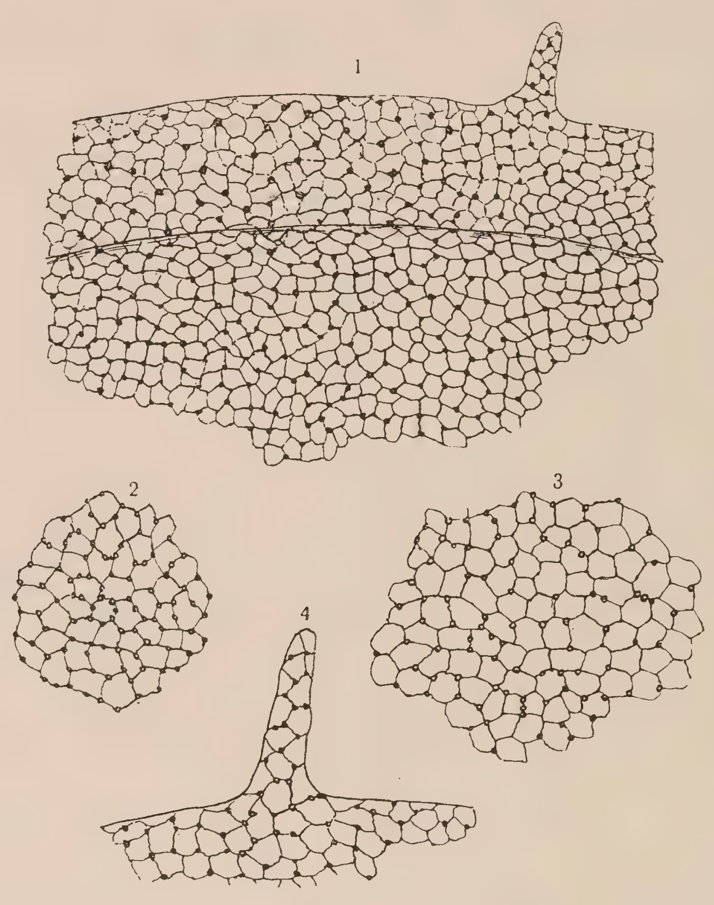



*Fig. 1.* Randpartie der Dorsalfläche mit einem Cirrus: — *Fig. 2.* Partie der mittleren Wölbung der Dorsalfläche. — *Fig. 3.* Partie der Dorsalfläche, lateral von der Mitte. — *Fig. 4.* Randpartie der Dorsalfläche mit einem Cirrus. Fig. 1 und 2 bei Verick's Obj. 7 und Okul. 3, eingeschob. Tubus; Fig. 3 und 4 ebenso, aber mit ausgezog. Tubus.

An der ventralen Körperoberfläche fand ich das Feldermosaik mit in den Grenzlinien und Ecken der Felder gelegenen kleinen, dunklen Knöpfen in etwas wechselnder Menge wieder. Ich bemühte mich nun an den sog. Parapodien und Seitenorganen, an den Fusshöckern und am Rüssel zu eruieren, ob nicht durch die Silberfärbung besondere Sinnesorgane nachgewiesen werden könnten. Dies gelang mir aber nicht. Überall, wo eine deutliche und reine Färbung vorlag, was indessen nur streckenweise der Fall war, sah ich nur dasselbe Mosaik von polygonalen Feldern mit zwischen diesen eingeschobenen kleinen, dunklen Knöpfen. Entweder fehlen solche spezifische Sinnesorgane mit zusammengestellten Sinneszellen, oder auch lassen sie sich durch diese Methode nicht gut nachweisen.

Was stellen nun die durch die Versilberung hervortretenden, zwischen den polygonalen Oberflächenfeldern der sog. cylindrischen Epidermiszellen gelegenen, dunklen, runden Knöpfe dar? Jedenfalls sind sie nicht nur» Silberniederschläge», sondern entsprechen gewiss wirklichen Strukturelementen. Man hat dann nur an zwei Arten von solchen zu denken. Entweder sind sie Mündungen von sezernierenden, isoliert zwischen den Epidermiszellen stehenden »*Drüsenzellen*». Oder auch stellen sie sensitorische, v. a. echt *sensible* Zellen dar. Für die Drüsennatur derselben lassen sich keine Gründe anführen. Sie haben überall ungefähr die gleiche, im ganzen sehr geringe Grösse, während bei solchen Drüsenzellen die Grösse der Mündungen nach der Menge des abzugebenden Sekretes wechselt.

Für die Natur von sensiblen Zellen spricht aber nicht nur die hier betonte, sehr geringe Grösse ihrer freien Oberfläche, sondern v. a. ihre allgemeine Übereinstimmung mit den bei den Polychäten und anderen Wirbellosen von mir dargestellten sensiblen und sensitorischen Zellen im ganzen. Ich bin also zu dem Schlusse gekommen, dass auch hier bei den Myzostomiden solche zwischen den gewöhnlichen Cylinderzellen der Epidermis eingelagerte, schmale, sensible Zellen mit grosser Warscheinlichkeit vorhanden sind. Ich versuchte auch mit der Methylenblau-Methode diese Frage zu entscheiden, leider aber bisher vergebens. An den Vertikalschnitten von in Sublimat gehärteten Myzostomen liess sich diese Sache ebenfalls nicht sicher eruieren.

# Erklärung der Tafeln I—XIII.

## Tafel I.

### Unreife, reife und befruchtete Eier von Parechinus miliaris (L.).

**Fig. 1—5.** Unreife Eier mit grossem Kern und von ihrer gelatinösen Hülle umgeben, teilweise (*Fig. 4* und *5*) mittelst dieser verbunden; an allen diesen Eiern sieht man die Mikropyle in der Hülle.

**Fig. 6—9.** Reife Eier mit dem Eikern und der gelationösen Hülle von verschiedener Dicke und mit der Mikropyle, teils als runde Öffnung (*Fig. 7*), tiels als Kanal (*Fig. 6—9*, in der *Fig. 9* mit einem ausgetretenen Propf).

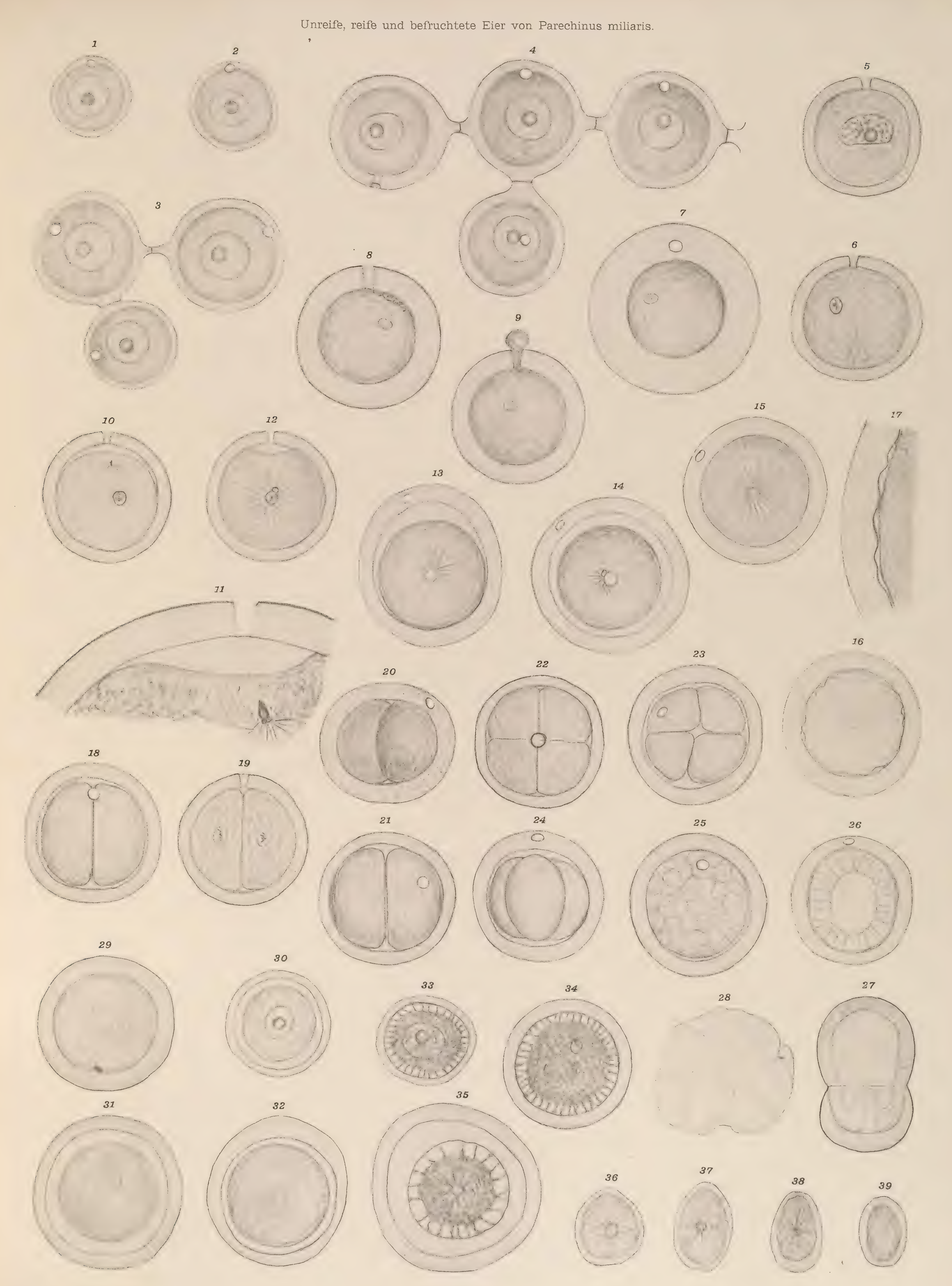
**Fig. 10—27.** Befruchtete Eier in verschiedenen Stadien der Entwicklung, um das Verhalten der gelatinösen Hülle mit ihrer Mikropyle und der Abhebung der Dotterhaut zu zeigen. — In *Fig. 10* sieht man die Spermie auf dem Wege zum Eikern und die begonnene Abhebung der Dotterhaut; in *Fig. 11* ist dasselbe Moment in stärker Vergröss. dargestellt — In *Fig 12—14* hat sich die Spermie dem Eikern angelegt und die Strahlung um den letzteren begonnen; die Dotterhaut hat sich immer mehr vom Eie abgehoben. — In *Fig. 15—26* ist eine Reihe von Eiern abgebildet, bei denen sich die Dotterhaut nicht oder nur unbedeutend von der Eioberfläche abgetrennt hat und die Entwicklung und Furchung doch bis zum Blastulastadium (*Fig. 25* und *26*) fortgeschritten ist. — *Fig. 27* stellt eine Gastrula dar, von welcher sich die gelatinöse Hülle teilweise abgestreift hat.

**Fig. 28** gibt eine etwas gefaltete Dotterhaut, aus welcher das Ei ausgeschlüpft ist, wieder.

**Fig. 29—39.** Eier, die mit Buttersäure, Alkohol, Chloroform und Schütteln behandelt worden sind. — *Fig. 29* stellt ein nach der Buttersäure-Methode behandeltes, in Entwicklung begriffenes (nicht befruchtetes) Ei dar, an welcher die gelatinöse Hülle schon ganz aufgelöst und verschwunden, die gebildete, dünne Dotterhaut aber von der Eioberfläche weit abgehoben ist. — *Fig. 30* ist ein mit Chloroform-Seewasser geschütteltes unreifes Ovarialei, an dem eine der Dotterhaut ähnliche Membran sich abgehoben hat. — *Fig. 31* ist ein in gleicher Weise mit Chloroform behandeltes reifes Ei mit abgehobener Membran. — *Fig. 32* stellt ein zuerst nach der Buttersäure-Methode und dann mit Chloroform behandeltes reifes (nicht befruchtetes) Ei, an dem die gelationöse Hülle verschwunden ist und der äussere Ring die künstlich hervorgerufene Dotterhaut, der innere Ring die durch die Chloroformbehandlung entstandene und abgelöste Membran darstellt. — *Fig. 33* ist ein unreifes, *Fig. 34* ein reifes und *Fig. 35* ein reifes befruchtetes Ei, welche alle drei mit schwachem Alkohol behandelt worden sind; in allen sieht man die durch Schrumpfung der äusseren Eischicht entstandenen Räume und die Oberflächenschicht des Eis mit den radiären Fäden; in *Fig. 35* findet sich auch die abgehobene Dotterhaut. — *Fig. 36* und *37* sind durch Schütteln hervorgerufene und dann (mit Spermien) befruchtete Eifragmente mit je einem Kern und *Fig. 38* ein solches Fragment mit nur Spermiumkern, bei denen allen eine der Dotterhaut ähnliche Membran vorhanden ist. — *Fig. 30* ist ein ebensolches Eifragment, an dem durch Chloroformbehandlung eine Membran hervorgerufen worden ist.

Alle die Figuren dieses Tafel — mit der Ausnahme der *Fig. 11* und *17*, welche bei sehr starker Vergrösserung dargestellt sind — wurden bei Verick's Obj. 6 und Okul. 3, eingeschob. Tubus, gezeichnet.

Unreife, reife und befruchtete Eier von Parechinus miliaris.




Gez. v. G. Retzius.

Lichtdruck von Lagrelius & Westphal, Stockholm.





# Tafel II.

## Unreife Eier aus den Ovarien, von Parechinus miliaris (L.).

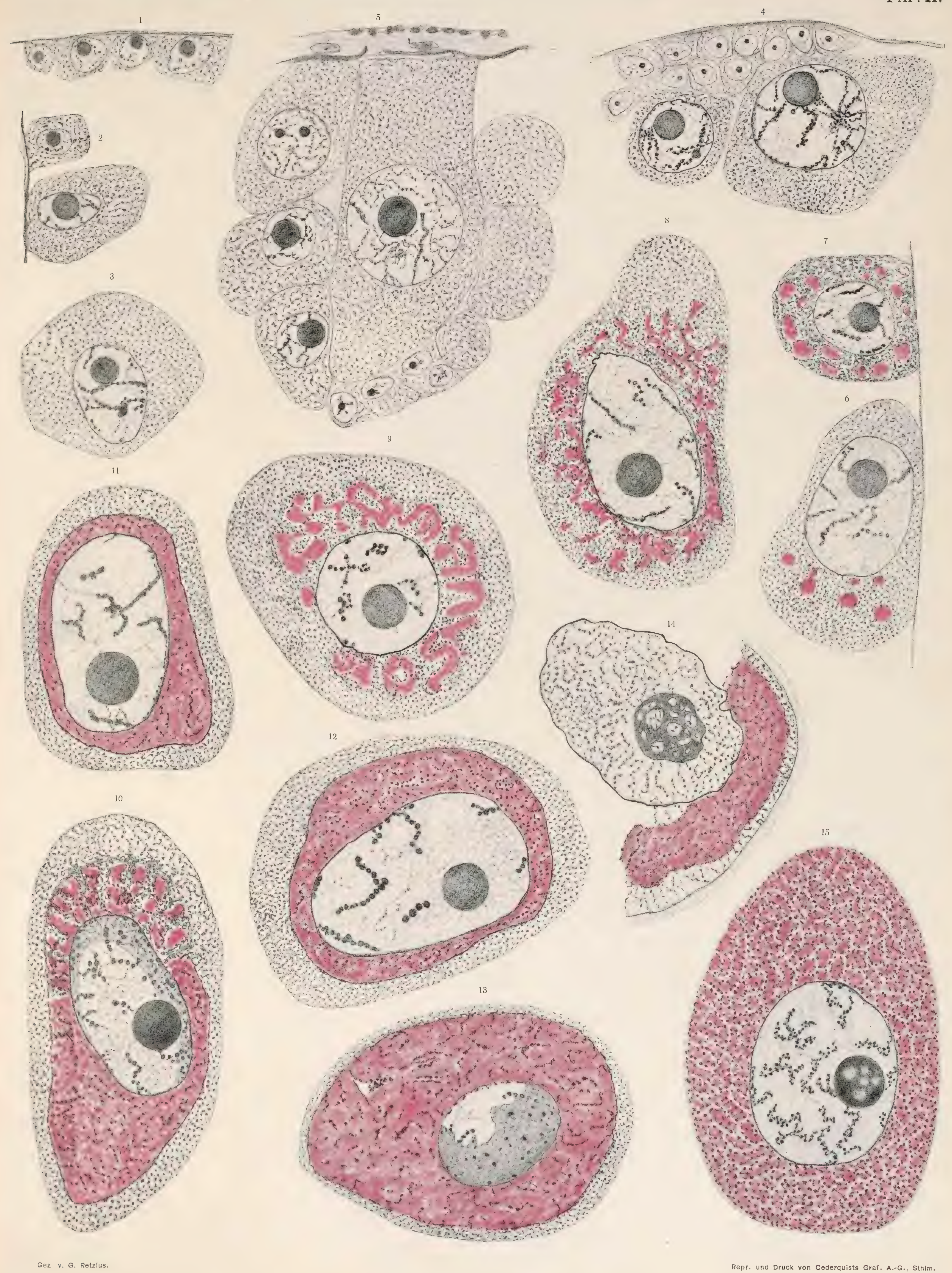
**Fig. 1—5.** Unreife Eier in den jüngeren Entwicklungsstadien, in *Fig. 1, 2* und *5* zum Teil noch der Ovarialsackwand anhaftend, in *Fig. 4* und *5* mit einigen anliegenden Nährzellen. An verschiedenen Stellen sieht man im Protoplasma das Mitomgeflecht von mit dunklen Körnern besetzten, die Paramitomsubstanz durchsetzenden, grau gefärbten Fasern. In den Präparaten und Zeichnungen waren diese Fasern noch deutlicher zu sehen als im Lichtdruck, wo die Bilder etwas verschwommener ausgefallen sind.

**Fig. 6—9.** Etwas weiter entwickelte Eier, in denen das rotgefärbte Deutoplasma in der Gestalt von kleineren oder grösseren Körnerhaufen und Strängen im Protoplasma abgesetzt ist.

**Fig. 10—14.** Noch weiter entwickelte Eier, in denen das rotgefärbte Deutoplasma sich immer vermehrt und eine sich vergrössernde Zone rings um den Kern gebildet hat; in dem Deutoplasma erkennt man die dunkelkörnigen Mitomgeflechte, und an der äusseren Grenze desselben findet sich eine verdichtete dünne Mitomschicht; in *Fig. 13* hat sich das Deutoplasma schon bis in die Nähe der Eioberfläche abgesetzt; vom Kern sieht man hier zum grossen Teil die Kernmembran in flächenhafter Ausbreitung. — *Fig. 14* stellt eine Partie eines Eies dar, wo neben dem roten Deutoplasmastück die körnigen Fasern des Mitoms in ihrem Verlauf verfolgbar sind.

**Fig. 15.** Ein zur schliesslichen Ausreifung fertig gebildetes Ei mit den von Mittomgeflechten umsponnenen, von hellen Paramitomräumen getrennten Deutoplasmasträngen oder Balken, welche bis zur unmittelbaren Nähe der Eioberfläche abgesetzt sind. In dem Nucleolus des Kerns sind, wie auch in *Fig 14*, runde vakuolenähnliche Räume aufgetreten, welche auf eine beginnende Auflösung der Nukleolarsubstanz hindeuten.

Alle Figuren dieser Tafel sind nach sehr dünnen (2—3 μ) Mikrotomschnitten von teils in Pikrinessigsäure, teils in Zenker'scher oder Sublimatlösung fixiertem Material, Färbung mit Heidenhains Eisenalaun-Hämatoxylin und Eosin, gezeichnet. Die Vergrösserung ist die bei Zeiss' Apochrom. 2 mm Apert. 1,30 Komp. Okul. 12 erhaltene.




Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.





## Tafel III.

# Reife unbefruchtete Eier von Parechinus miliaris (L), nebst Teilen von befruchteten.

**Fig. 1.** Ein reifes, unbefruchtetes Ei mit Eikern. Der Bau des Eikörpers ist ausserordentlich scharf ausgeprägt, indem die vom Paramitom eingenommenen hellen Räume stark ausgefüllt und die von den schwarzgefärbten, gekörnten Mitomgeflechten umsponnenen, mit Eosin gefärbten Deutoplasmastränge oder Balken dadurch von einander sehr distinkt getrennt sind und prägnant hervortreten.

**Fig. 2.** Der grösste Teil eines Medianschnittes von einem reifen, unbefruchteten Ei, ebenfalls mit scharf ausgeprägtem Balkenbau des Eikörpers, indem die hellen Paramitomräume gut gefüllt sind. Die rotgefärbten Deutoplasmastränge oder Balken, welche von den schwarzgefärbten, gekörnten Mitomgeflechten umsponnen sind, treten hier ebenfalls sehr deutlich und prägnant hervor. Die Vergrösserung dieser Figur ist doppelt so stark (linear) als die der *Fig. 1.* Der Eikern liegt in beiden Eiern etwas excentrisch, wie dies in den reifen Eiern normal ist.

**Fig. 3.** Partie eines Schnittes von einem reifen, unbefruchteten Ei mit äusserst gedrängt liegenden (nicht rotgefärbten) Deutoplasmabalken und sehr engen Paramitomräumen. Man sieht die Fasern des Mitomgeflechtes zwischen den Balken ziehen und ihre Grenzen teilweise anzeigen.

**Fig. 4.** Kleine, den Eikern umgebende Partie mit Paramitomräumen und zwischen ihnen liegenden (nicht rotgefärbten) schmalen Deutoplasmabalken, welche von den Mitomgeflechten umsponnen sind.

**Fig. 5.** Partie von Deutoplasmabalken oder Strängen, mit umspinnenden Mitomgeflechten versehen und durch helle Paramitomräume getrennt (starke Vergröss.).

**Fig. 6.** Partie von schwach rotgefärbten Deutoplasmabalken mit den sie umspinnenden, schwarzgefärbten Mitomgeflechten, welche teilweise auch durch die zwischen den Balken befindlichen Paramitomräume quer und schief ziehen; nach oben in der Figur ist die Oberfläche des Eies vom Schnitte getroffen.

**Fig. 7.** Zwei schön isoliert liegende, durch den hellen Paramitomraum getrennte, stark vergrösserte, rotgefärbte Deutoplasmabalken oder Stränge mit teilweise sichtbaren Dotterkörnern und dem umspinnenden, schwarz gefärbten, gekörnten Mitomgeflecht.

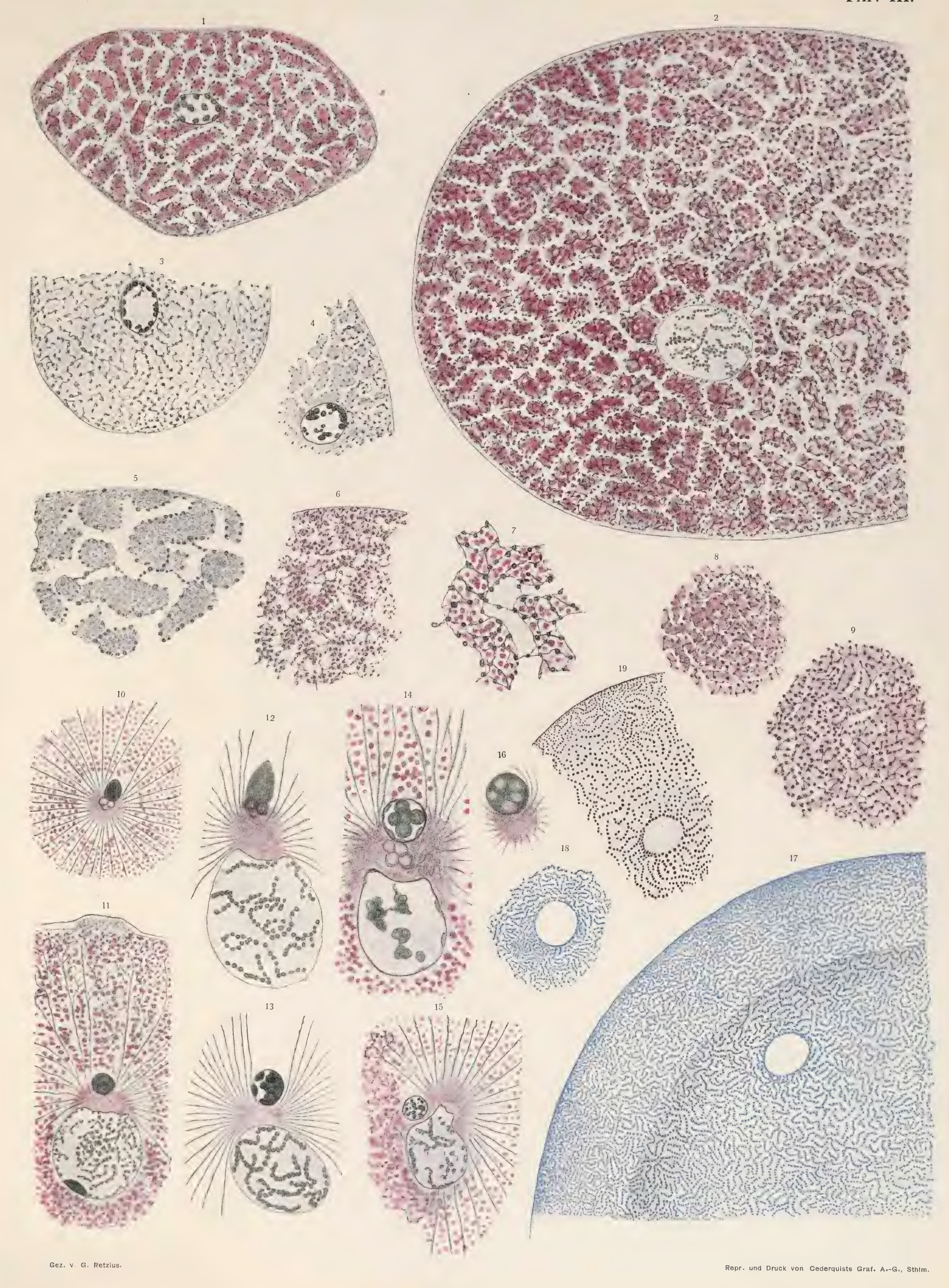
**Fig. 8 und 9.** Zwei Bilder von Partien der Oberfläche von schwach rotgefärbten Eiern mit dem dicht unter der Aussenschicht befindlichen Mitomgeflecht und den darunter liegenden Deutoplasmabalken und Paramitomräumen.

**Fig. 10—15.** Partien vom Inneren befruchteter Eier mit eben eingedrungenen Spermien auf dem Wege zum Zusammentreffen mit dem Eikern. Diese Figuren sind hier wiedergegeben, teils um die variierenden Veränderungen in dem eingedrungenen Spermiumkern, teils auch um die verschiedenen Form- und Bauverhältnisse des Eikerns zu zeigen. In *Fig. 10* und besondes *Fig. 12* hat der *Spermiumkern* noch seine konische Gestalt und zeigt noch keine Aufnahme von heller Flüssigkeit, keine Differenzierung in Chromosomen. In *Fig. 11* ist die Gestalt sphärisch geworden, aber keine merkbare Flüssigkeit ist aufgenommen, die Differenzierung in Chromosomen ist nur schwach angedeutet. In *Fig. 15* ist eine Differenzierung des sphärischen Kerns in kleine Chromosomen vorhanden. In *Fig. 13* und *14* ist eine helle Substanz in den sphärisch gewordenen Kernen aufgetreten, und eine Anzahl von Chromosomkugeln ist differenziert worden. In *Fig. 16* sieht man helle, Vakuolen ähnliche Räume in dem im übrigen dunklen, sphärischen Kern, welche Anordnung wahrscheinlich als das Anfangsstadium der Differenziation aufzufassen ist. In den *Fig. 10, 12* und *14* bemerkt man in der rötlich gefärbten Centrosphäre am ursprünglichen Hinterende des Spermiumkopfes einige (bis vier) relativ grosse, kugelige Körner, in *Fig. 12* noch dunkel gefärbt, in *Fig. 10* und *14* von heller Farbe, welche offenbar die noch vorhandenen Körner des Nebenkernorgans (Verbindungs- oder Mittelstücks der Spermie sind. Was die *Eikerne* betrifft zeigt ein Blick auf die Figuren, wie verschiedenartig die Anordnung ihrer Chromosomen sein kann; aber auch die Gestalt der Eier variiert nicht unbeträchtlich. Besonders oft plattet sich der Eikern an der Centrosphäre ab oder senkt sich sogar schalenförmig ein (*Fig. 11, 12, 14*). Zuweilen sendet er einen Fortsatz gegen die Centrosphäre aus (*Fig. 15*), welcher sich an der Spitze abplattet. Hier können manche verschiedene Bilder vorkommen.

**Fig. 17—19.** Partien von der gelatinösen Hülle (Chorion) mit gefärbter Oberflächenschicht und scharf angezeigter Mikropyleöffnung. — *Fig. 17* und *18* nach Färbung mit Methylenblaulösung, *Fig. 19* mit Rosanilin. In allen drei Figuren erkennt man die Färbung einer grossen Menge von in verschiedenen Richtungen angeordneten und gewundenen, kurzen blau- oder rotgefärbten Fäden, welche aus feinen, mitreinander verbundenen Körnern bestehen. An den Mikropyleöffnungen hören sie scharf auf. Sie liegen sämtlich in der Oberflächenschicht der gelatinösen Hülle.

Die *Fig. 1—16* sind teils in Pikrinessigsäure, teils in Sublimat- resp. Zenkerscher Lösung fixiert und nach Heidenhain mit Hämatoxylin, z. T. noch mit Eosin gefärbt. Die *Fig. 17—19* rühren von frischem, mit Methylenblau und Rosanilin gefärbtem Material her.

Die Vergrösserung ist bei allen Figuren Zeiss' Apochr. 2 mm Ap. 1,30 Komp. Ok. 12. Die *Fig. 2* ist noch zweimal, die *Fig. 5, 7, 11—16* noch dreimal linear vergrössert.




Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.





## Tafel IV.

# Befruchtete Eier von Parechinus miliaris (L.)

## in den Stadien nach dem Zusammentreffen des Spermiumkerns und des Eikerns.

**Fig. 1 und 3.** Von Eiern, welche *acht* Minuten nach dem Zusatz des Spermas fixiert wurden. Eine starke und sehr deutlich ausgesprochene, sogar ungewöhnlich grobfaserige Strahlung um die Centrosphäre ist vorhanden und lässt sich in das Mitomgeflecht der Oberflächenschicht des Eies verfolgen. In den Eiern dieser Versuchsreihe konnte eine beginnende Cytolyse nachgewiesen werden.

**Fig. 2.** Der grösste Teil eines Eischnittes mit schöner und deutlich ausgesprochener radiärer Strahlung von Fasern, welche nach der Peripherie hin in das Mitomgeflecht direkt übergehen; rechts und unten in der Figur erkennt man noch die Anordnung des Deutoplasmas und Mitomgeflechtes in gewundenen Balken. Der Schnitt stammt aus einem Ei, welches 7 Minuten vor der Fixierung mit Sperma versetzt wurde.

**Fig. 4** bildet einen Schnitt eines 8 Minuten vorher befruchteten Eies von recht kompakter Struktur, indem die Paramitomräume enger und weniger ausgesprochen waren. Die Strahlung hatte sich schon um den ganzen Kern sehr schön und distinkt ausgedehnt, wahrscheinlich ist der Schnitt durch die Region des Eies gefallen, in welcher das Spermium eingedrungen ist, und infolgedessen erscheint die Strahlung schon so überall zusammenhängend.

**Fig. 5.** Partie eines Eies aus einer Eikultur, wo das Sperma 7 Minuten vorher zugesetzt worden war. Das Spermium hat noch nicht den Eikern erreicht; die Centrosphäre liegt aber gegen den scheinbar abgeplatteten Eikern, und am vorderen Ende des Eikerns bemerkt man zwei kugelige Körner, welche denen des Nebenkernorgans (Verbindungsstücks) sehr ähnlich sind. Die Strahlung um die Centrosphäre ist stark und deutlich, mit den Dotterkörnersäulen zwischen den radiierenden Fasern.

**Fig. 6.** Siebzehn Minuten nach der Befruchtung. Die Centrosphäre hat sich schon in zwei geteilt, welche je an einem Ende des Eikerns liegen, mit je einer Strahlungssonne. An der Oberfläche des Eies erkennt man eine deutliche homogene Rindenschicht (Ziegler).

**Fig. 7** stellt bei dreimal stärkerer Vergrösserung eine Partie der Rinde mit der in *Fig. 6* bemerkten homogenen Rindenschicht (nach aussen davon sieht man die dünne Dotterhaut).

**Fig. 8.** Ein in das Ei eingedrungenes Spermium, in welchem, wie in den in *Fig. 1*, *3*, *4* und *5*, die Chromosomen als kugelige, in einer hellen Substanz gelegene Körner und noch dazu einige Linin-ähnelnde Fäden sichtbar sind. Neben dem Spermiumkern sieht man die Centrosphäre und, von dieser ausstrahlend, den inneren Teil einer schönen Strahlungssonne mit Dotterkörnersäulen zwischen den Fasern.

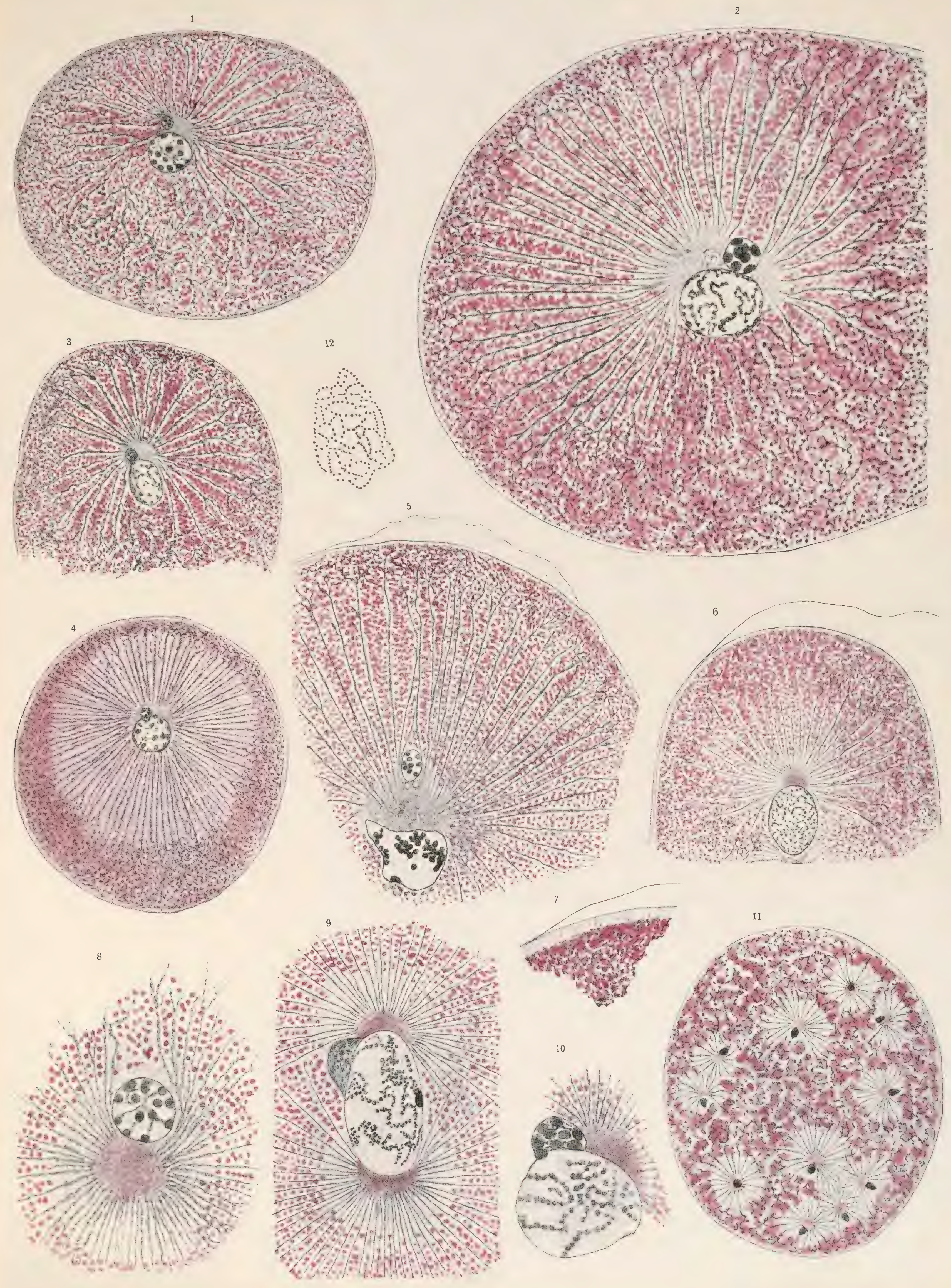
**Fig. 9.** Der elliptisch ausgezogene Eikern mit einer von einer Strahlung umgebenen Centrosphäre an jedem Ende und neben dem oberen Ende ein dunklerer Hügel, welcher offenbar den Rest des mit dem Eikern verschmelzenden Spermiumkerns darstellt. Sechzehn Minuten nach dem Zusatz des Spermas.

**Fig. 10.** Aus einem Ei, ebenfalls 16 Minuten nach dem Zusatz des Spermas. Der Eikern mit dem ihm dicht anliegenden, mit ihm verschmelzenden Spermiumkern, in welchem die Chromosomen und Fäden (wie in *Fig. 8*) sichtbar sind. Neben dem Spermium erkennt man die Centrosphäre.

**Fig. 11.** Ein Ei mit Polyspermie; in diesem Schnitte sieht man elf Spermiumkerne, je mit ihrer Strahlung. Zwischen den Strahlungssonnen hat die Eisubstanz ihre gewöhnliche Bauanordnung beibehalten, mit den von Mitomgeflechten umsponnenen, durch Paramitomräume getrennten Deutoplasmabalken. Zehn Minuten nach dem Zusatz des Spermas.

**Fig. 12.** Eine kleine Partie der äusseren, unter der Dotterhaut und der Rindenschicht befindlichen Oberfläche eines befruchteten Eies, nach der Behandlung mit Rosanilin und Acetas kalicus, wodurch die Mitomkörner rotgefärbt erscheinen.

Alle Figuren der Tafel sind nach sehr dünnen (2—3 μ) Mikrotomschnitten von Eiern, die in Pikrinessigsäure oder in Sublimat fixiert waren, gezeichnet. Die Färbung der Schnitte (ausser bei *Fig. 12*) war mit Heidenhain's Eisenalaun-Hämatoxylin und Eosin gemacht. Die Vergrösserung war die von Zeiss' Apochrom. 2 mm Ap. 1,30, Komp. Okul. 12. Die *Fig. 2* wurde ausserdem zweimal und die *Fig. 7*, *8*, *9* und *10* wurden dreimal linear vergrössert.




Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.



# Tafel V.

## Befruchtete Eier von Parechinus miliaris (L.).

**Fig. 1.** Vollständiger Schnitt von einem Ei (sechszehn Minuten nach der Befruchtung) mit beinahe totaler Strahlung rings um den von Centrosphärensubstanz umgebenen Eikern, an dessen einer (unterer) Fläche noch der mit ihm verschmelzende Spermiumkern bemerkbar ist. Die Deutoplasmakörner liegen in den Paramitomräumen zwischen den Mitomradien.

**Fig. 2.** Vollständiger Schnitt eines Eies, welches 33 Minuten vorher befruchtet worden war. An den beiden Enden des vergrösserten elliptischen Kerns erkennt man je eine Centrosphäre mit ihrer nunmehr reduzierten, kleinen Strahlungssonne, deren radiirende Fasern in das umgebende Mitomgeflecht direkt übergehen. Rings um die Strahlungssonnen hat die Eisubstanz ihre frühere typische Bauanordnung wieder bekommen, indem die gewundenen, von den körnigen Mitomgeflechten umsponnenen Deutoplasma-Stränge mit den zwischen ihnen befindlichen Paramitomräumen überall sehr schön und prägnant sichtbar sind. In jeder Centrosphäre ist ein schwarzgefärbtes Körnchen bemerkbar, welches ganz das Aussehen eines Centralkörpers zeigt.

**Fig. 3.** Eikern mit Centrosphäre und der von dieser ausgehenden Faserstrahlung. Die Fasern gehen bald in deutlicher Weise in das dichotomisch verästelte Mitomgeflecht direkt über; zwischen den Fasern sieht man die Dotterkörner in dem Paramitom gelegen. In der Centrosphäre tritt eine undeutlich körnige Zusammensetzung hervor.

**Fig. 4.** Querschnitt durch eine Strahlung in der Nähe einer Centrosphäre, mit den quer getroffenen radiären schwarzen Fasern und den zwischen ihnen befindlichen rotgefärbten Dotterkörnern. Nach der Peripherie der Figur hin verlängern sich immer mehr die in ihrer Mitte rundlichen Querschnitte der Fasern zu schief der Länge nach getroffenen kleinen Stäben.

**Fig. 5.** Kernspindel mit den an beiden ihren Enden vorhandenen, von je einer Strahlung umgebenen Centrosphären, in deren Mitte eine dunkel gefärbte, körnige Substanz nach der Differenziation in der Eisenalaun-Lösung zurückgeblieben ist. An den beiden Enden der Spindel erkennt man je eine Gruppe von stabförmigen schwarzen Chromosomen, aber in der Mitte der Spindel sind noch fünf schwarze kugelige Körper geblieben. Die Fasern der Sonnen gehen direkt in das verästelte Mitomgeflecht in der Umgebung über, und dieses umspinnt die Deutoplasmabalken.

**Fig. 6.** Ein stark cytolisiertes Ei, 33 Minuten nach der Befruchtung. Das Deutoplasma ist zum grossen Teil nach der Oberflächenschicht des Eies übergeführt; dies betrifft besonders der einen (in der Figur oberen) Centrosphäre-Strahlung, deren radiierende Mitomfasern durch eine stark angesammelte Paramitom-Substanz getrennt und dadurch ausserordentlich schön in ihrem Verlauf und ihrer Verästelung verfolgbar sind. Die besonders von Ziegler beschriebene Aussenschicht des Eies war hier in prägnanter Ausbildung vorhanden (s. auch *Fig. 1, 2, 7*).

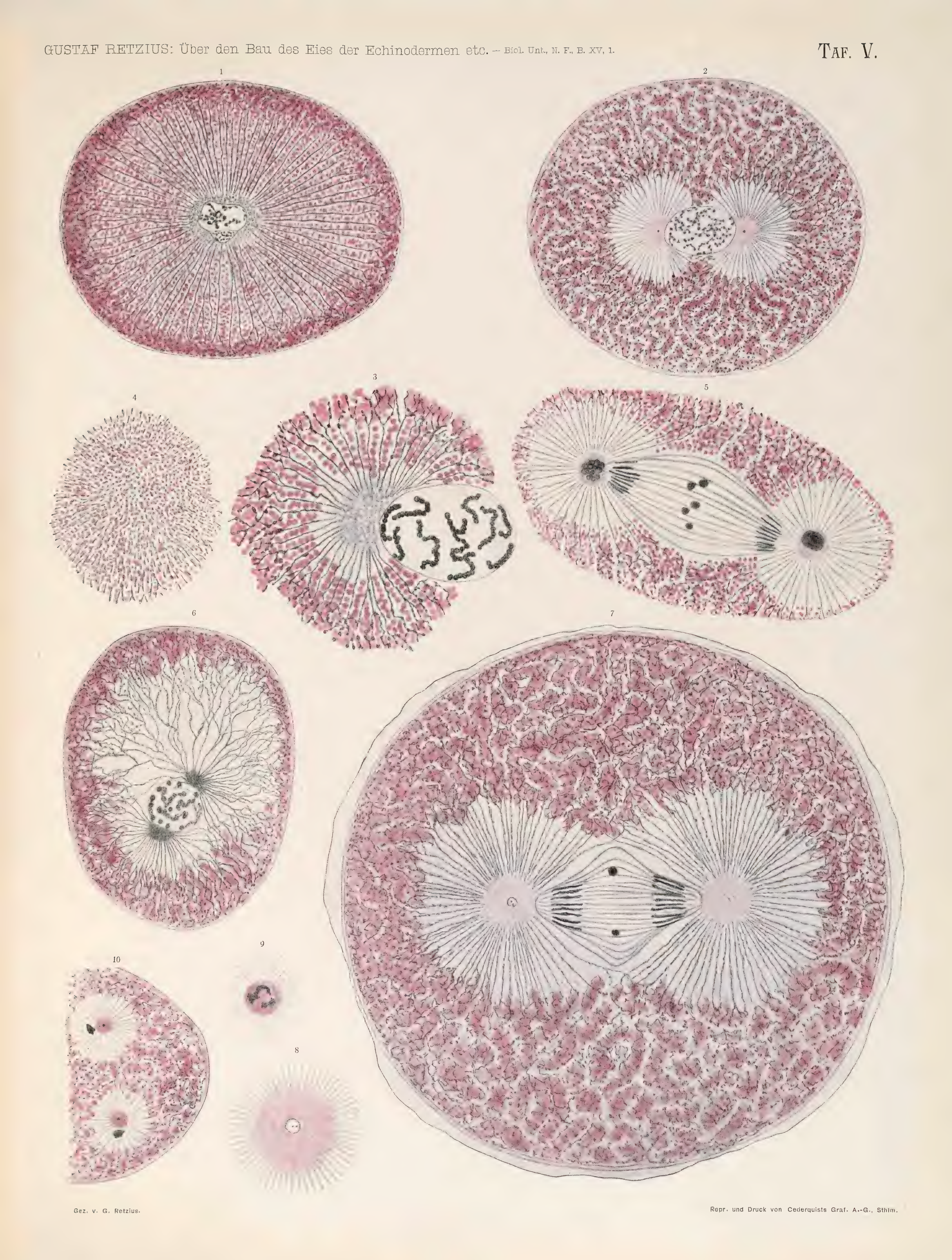
**Fig. 7.** Vollständiger, stark vergrösserter Schnitt eines Eies, 50 Minuten nach der Befruchtung, mit schöner Kernspindel und den zwei Centrosphären, von denen die Strahlungsfäden ausstrahlen, um bald in das verästelte Mitomgeflecht auszulaufen. Die Eikörpersubstanz hat ausserhalb der Strahlungssonnen die frühere Balkenanordnung mit gewundenen, vom Mitomgeflecht umsponnenen Deutoplasmasträngen und zwischen diesen liegenden Paramitomräumen. In der Spindel sind die Chromosomen als stabförmige Körper nach den beiden Enden gezogen, aber in der Mitte sieht man noch zwei runde, dunkel gefärbte Kugeln von gleicher Beschaffenheit wie die in *Fig. 5*. In den beiden Centrosphären erkennt man in der Mitte je einen blasenförmigen Centralkörper mit ein paar äusserst kleinen Körnchen im Inneren. Rings um das Ei findet sich die dünne Dotterhaut.

**Fig. 8** stellt die eine der in *Fig. 7* vorhandenen Centrosphären, aber noch mehr vergrössert, dar.

**Fig. 9** ist eine Centrosphäre, in welcher nach starker Differenziation noch zwei dunkle, gebogene, undeutlich körnige Körper vorhanden sind.

**Fig. 10.** Partie eines Eies mit zwei Spermien und den neben ihnen gelegenen, ihnen angehörigen Centrosphären, je mit einem Centralkörper-Körnchen.

Alle Figuren der Tafel sind nach sehr dünnen (2—3 μ) Mikrotomschnitten gezeichnet. Die Eier waren teils mit Pikrinessigsäure, teils mit Sublimat fixiert. Färbung der Schnitte mit Heidenhain's Eisenalaun-Hämatoxylin und Eosin. Vergrösserung bei Zeiss' Apochrom. 2 mm Ap. 1,30, Komp. Ok. 12; die *Fig. 7* und *9* noch zweimal und die *Fig. 3, 5* und *8* noch dreimal linear vergrössert.




Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.





## Tafel VI.

### Befruchtete Eier von Parechinus miliaris (L.).

**Fig. 1.** Partie vom Schnitte eines Eies, 16 Minuten nach der Befruchtung. Mit der homogenen Oberflächenschicht nach oben hin und zwischen dieser und dem Kern (unten) eine Anzahl von der Umgebung des letzteren nach der Eioberfläche radiierender schwarzgefärbter Fasern, welche sowohl nach unten als nach oben hin sich wiederholt dichotomisch verästeln und in das eigentliche Mitomgeflecht übergehen. Zwischen diesen Fasern finden sich die verhältnismässig breiten, ebenfalls radienartig angeordneten Paramitomräume, und in diesen liegen die Dotterkörner des Deutoplasmas reihen- oder säulenförmig angeordnet. In der Umgebung des Kerns findet sich hier kein Deutoplasma; deshalb tritt das Geflechtwerk sehr schön hervor, ganz besonders an solchen Stellen, wo, wie in *Fig. 1*, keine Centrosphären-Substanz vorhanden ist.

**Fig.** 2 stellt in noch prägnanterer Anordnung als in *Fig. 1* eine Partie des in der Umgebung des Kerns vorkommenden Mitomgeflechts ohne Deutoplasma; man sieht hier die gekörnten, dichotomisch verästelten Fäden einander *geflechtartig* kreuzen, *nicht aber netzartig* verbunden zu sein.

**Fig. 3.** Eine ebensolche, den Kern umgebende Partie des Mitomgeflechts mit einander kreuzenden, verästelten Fäden, welche ringsum nach aussen hin in das die Deutoplasmasäulen umspinnende Mitom direkt übergehen. 55 Minuten nach der Befruchtung.

**Fig. 4.** Partie von einem Schnitt mit dem Querschnitt einer Strahlung dicht über der Centrosphäre mit den quergetroffenen Fasern der Strahlung, ohne Dotterkörner zwischen ihnen. In der Umgebung dieser Partie sieht man säulenförmige, rote Deutoplasmabalken mit hellen Paramitomräumen und schwarzen Mitomfasern. 55 Minuten nach der Befruchtung

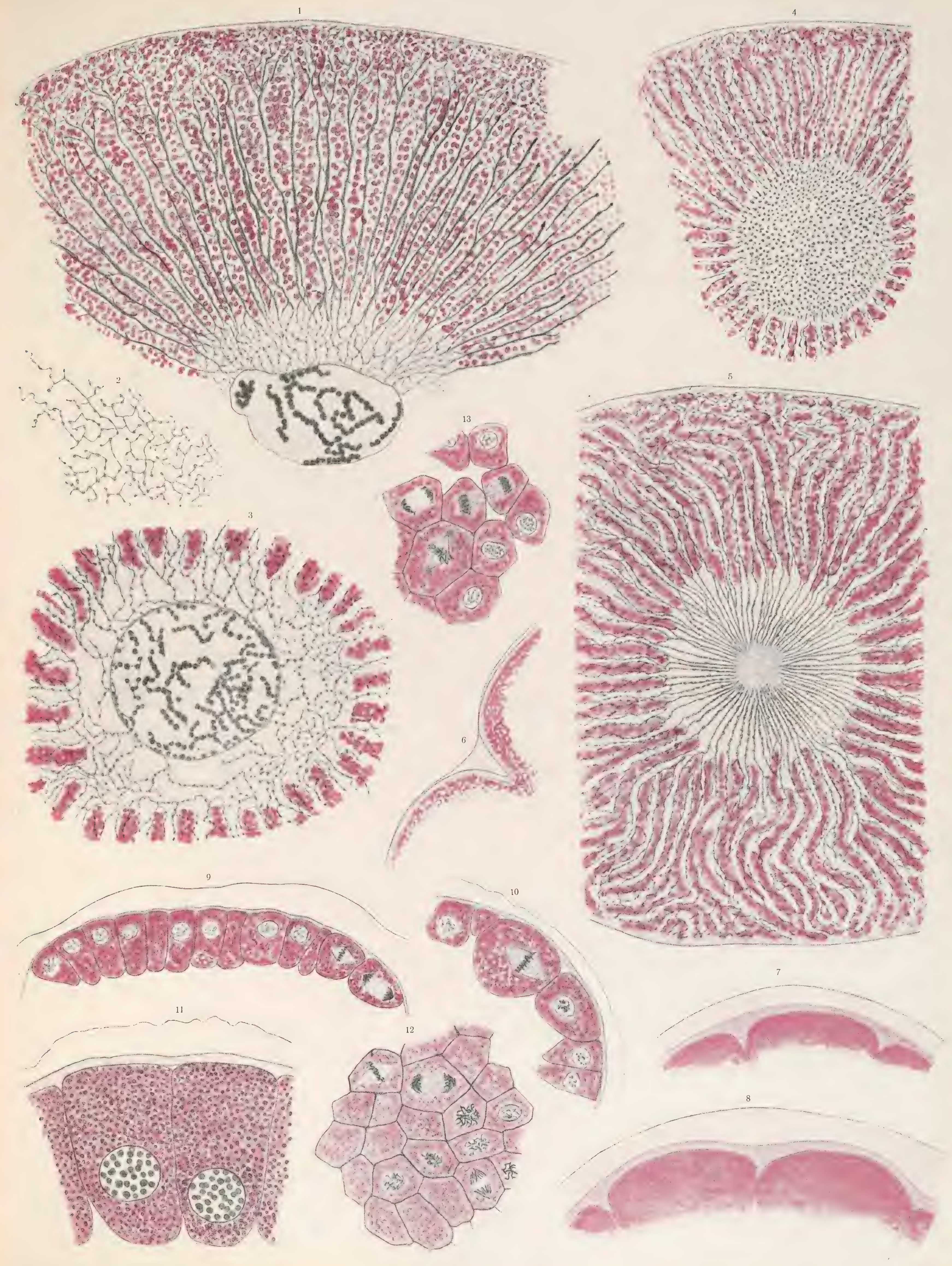
**Fig. 5.** Partie eines ebensolchen Eischnittes (55 Minuten nach der Befruchtung) mit der Centrosphäre und der Strahlungssonne von Mitomfasern, welche nach aussen hin zwischen den rotgefärbten radiierenden Deutoplasmasträngen in die hellen Paramitomräume auslaufen und die Deutoplasmastränge z. T. umspinnen.

**Fig. 6—11.** Randpartien von Blastulae, vertikal gegen die Oberfläche geschnitten. An allen erkennt man die von Hammar eingehend beschriebene ektoplasmatische Randschicht, welche die Zellenoberfläche als eine zusammenhängende Lage überdeckt und hier und da sich auch etwas zwischen die Zellen einsenkt. Nach aussen von dieser Schicht findet sich der von Flüssigkeit erfüllte Raum, welcher nach aussen hin durch die dünne Dotterhaut begrenzt wird. Die *Fig. 6* und *9—11* sind nach Schnitten fixierter Eier, die *Fig. 7* und *8* nach frischen Präparaten wiedergegeben.

**Fig. 12 und 13** stellen Oberflächenpartien von Blastulae dar, an welchen man die scharfe Begrenzung der Zellen sieht.

Die *Fig. 1—6, 9—13* sind nach sehr dünnen (2—3 μ) Schnitten von Eiern gezeichnet, welche teils mit Pikrinessigsäure, teils mit Zenker'scher Mischung fixiert und mit Eisenalaun-Hämatoxylin nach Heidenhain sowie mit Eosin gefärbt worden sind.

Alle Figuren der Tafel sind bei der Vergrösserung von Zeiss' Apochrom. 2 mm Apert. 1,30 und Komp. Ok. 12 wiedergegeben. Die *Fig. 1, 4, 5* sind ausserdem noch zweimal, die *Fig. 2, 3* und *11* noch dreimal linear vergrössert.




Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.





## Tafel VII.

### Die Cytolyse der Eier von Parechinus miliaris (L.).

**Fig. 1.** Partie eines Schnittes von einem Ovarialei, an dem infolge von Cytolyse das Protoplasma (Paramitom und Mitom) in der Gestalt fingerähnlicher Fortsätze teilweise von der Oberfläche ausgetreten ist.

**Fig. 2.** Schnitt durch ein ganzes reifes Ei mit allgemeiner Cytolyse. Das Protoplasma (Paramitom und Mitom) hat sich in breiten Kanalräumen zusammengezogen, und zwischen ihnen findet sich das rotgefärbte Deutoplasma zu dicken Strängen und Klumpen zusammengebracht.

**Fig. 3—6.** Weiter fortgeschrittene Cytolyse. *Fig. 3.* Schnitt duch ein ganzes Ei mit dem roten Deutoplasma in einzelnen Strängen in dem zusammengeflossenen Protoplasma gelegen. — *Fig. 4—6.* Rotgefärbte breite Deutoplasmastränge mit breiten Protoplasmasträngen zwischen sich; das Mitom ist teilweise (*Fig. 5* und *6*) zu dickeren Knoten und Knäueln zusammengezogen.

**Fig. 7.** Schnitt durch ein ganzes, cytolysiertes Ei. Das Deutoplasma hat sich nach der Oberflächenschicht des Eies zusammengezogen, und nur einzelne Partien desselben stecken noch in dem Inneren des Eies, wo der Kern und die grösste Masse des Protoplasmas zusammengezogen liegt; in diesem finden sich schwarze Knäuel von Mitom und helle rundliche Räume mit Paramitom gefüllt.

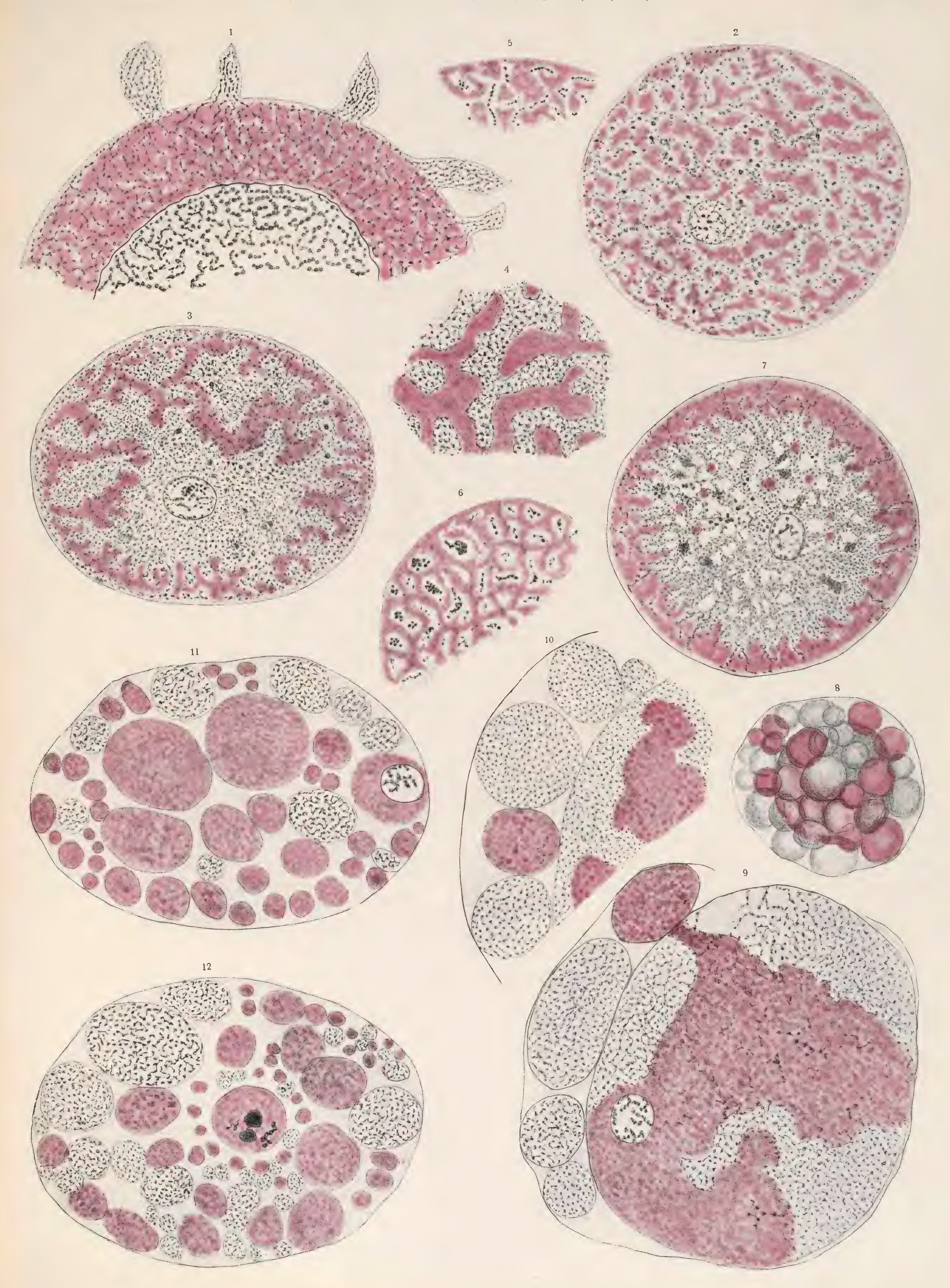
**Fig. 8.** Ein ganzes Ei in weit fortgeschrittener Cytolyse und bei schwacher Vergrösserung. Innerhalb der Dotterhaut bemerkt man eine Menge von Kugeln verschiedener Grösse, von denen ein Teil rot, ein anderer Teil schwärzlich ist. In der Mitte des Eies findet sich eine grössere Kugel. Diese letztere stellt den Rest des früheren Eies dar, und die Kugeln sind aus ihm ausgetretene Partien des Eikörpers (die schwärzlichen bestehen aus Protoplasma, die roten aus Deutoplasma).

**Fig. 9** stellt einen Schnitt eines solchen Eies in starker Vergrösserung dar. Innerhalb der Dotternembran erkennt man noch den grossen ursprünglichen Eikörper, in welchem das von schwarzen Mitomgeflechten durchsponnene helle Protoplasma und das rotgefärbte Deutoplasma in zwei grossen, voneinander getrennten Partien liegen; der Eikern ist hier in dem Deutoplasma gelegen. Aus diesem so beschaffenen Eikörper sind kleinere Substanzklumpen ausgetreten, von denen in der Figur vier sichtbar sind, nämlieh drei aus Protoplasma und einer aus rotem Deutoplasma bestehend; der letztgenannte hängt noch durch einen Strang mit dem Deutoplasma im Eikörper zusammen. Neben diesem Strang erkennt man im Eikörper besonders schön die Struktur des Mitoms mit dessen isoliert im Paramitom verlaufenden, dichotomisch sich verästelnden, gekörnten Fäden. Gerade in solchen Präparaten bekommt man oft diese überzeugenden Bilder.

**Fig. 10** stellt eine Randpartie eines derartigen cytolysierten Eies mit fünf ausgetretenen Klumpen oder Kugeln (»Tropfen») dar, von denen vier aus Protoplasma bestehen; die fünfte (rote) Kugel besteht aus Deutoplasma.

**Fig. 11** und **12** geben Schnitte von zwei stark cytolysierten Eiern, in welchen man innerhalb der Dotterhaut einen vollständigen Zerfall des ganzen Eikörpers in kleinere Kugeln von untereinander verschiedener Grösse sieht; die rotgefärbten sind hier ebenfalls Deutoplasmakugeln, die anderen, in denen man die schwarzen Mitomgeflechte erkennt, sind Protoplasmakugeln. In *Fig. 11* sieht man links den kaum merkbar veränderten Eikern in eine Deutoplasmakugel eingeschlossen.

Die Figuren dieser Tafel sind — mit der Ausnahme der *Fig. 8* — sämtlich nach dünnen (2—3 μ) Schnitten von Eiern gezeichnet, welche mit Pikrinessigsäure fixiert und mit Eisenalaun-Hämatoxylin nach Heidenhain gefärbt waren. Die in *Fig. 11* und *12* abgebildeten Eier waren vorher mit Chlormagnesium-Lösung zwei Stunden behandelt. Alle diese Figuren sind bei Zeiss' Apochrom. 2 mm Ap. 1,30 Komp. Ok. 12 in der dadurch gegebenen Vergrösserung gezeichnet.




Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.





# Tafel VIII.

## Eier von Parechinus miliaris (L.) und Strongylocentrotus lividus (Lm.) in den früheren Stadien der künstlichen Parthenogenese.

**Fig. 1.** Ei von Strongylocentrotus lividus, nach der Tannin-Ammoniak-Methode von Delage behandelt; danach eine halbe Stunde im Meereswasser vor der Fixierung. Aus der Versuchsreihe des Dr. de Beauchamp. In der Oberflächenschicht sind zahlreiche von Flüssigkeit (Paramiton) erfüllte Räume entstanden.

**Fig. 2.** Ei von Parechinus miliaris, nach der Buttersäure-Methode von Loeb behandelt; dann 15 Minuten im Meereswasser vor der Fixierung. Zahlreiche grosse, von Flüssigkeit (Paramitom) erfüllte Räume sind im Eikörper entstanden, und der central liegende Kern ist vergrössert. Beginnende allgemeine Strahlung im Eikörper.

**Fig. 3.** Ei von Parechinus miliaris, nach der Buttersäure-Methode von Loeb behandelt; 15 Minuten im Meereswasser vor der Fixierung. Deutliche allgemeine Strahlung im Eikörper um den Kern, mit Vergrösserung der radiierenden Paramitomräume. Ansammlung des Paramitoms in der Umgebung des central gelegenen Kerns, welcher vergrössert ist; das Deutoplasma hat sich von der Kernregion etwas zurückgezogen.

**Fig. 4.** Ei von Parechinus miliaris, nach der Tannin-Ammoniak-Methode von Delage behandelt; 65 Minuten im Meereswasser. Strahlige Anordnung im Eikörper um den vergrösserten Kern. Bedeutende Ansammlung des Paramitoms in der Umgebung des Kerns, vorwiegend an einigen Seiten desselben. Das Deutoplasma hat sich hier zurückgezogen, das Mitomgeflecht ist aber geblieben.

**Fig. 5.** Ei von Strongylocentrotus lividus nach der Tannin-Ammoniak-Methode von Delage behandelt; 90 Minuten mit Meereswasser nachbehandelt vor der Fixierung. Aus der Versuchsreihe des Dr. Beauchamp. Ungefähr dieselben Erscheinungen wie bei dem in *Fig. 4* abgebildeten Ei: allgemeine strahlige Anordnung im Eikörper, Zurückziehen des Deutoplasmas von der Umgebung des Kerns, wo eine starke Ansammlung des Paramitoms eingetreten ist; das Mitomgeflecht hier noch vorhanden. Der Kern hat sich aber schon in zwei Kerne geteilt.

**Fig. 6.** Ei von Parechinus miliaris, nach der Buttersäure-Mothode von Loeb und der Anweisung von Kupelwieser behandelt; dann 2 Stunden in Meereswasser vor der Fixierung. Schöne, allgemeine strahlige Anordnung im Eikörper, um den Kern als Centrum herum (*primäre* Strahlung nach Wilson). In der Umgebung des Kerns findet sich eine kleine, rötlich gefärbte Zone, welche einer Centrosphärensubstanz ähnelt.

**Fig. 7.** Ei von Parechinus miliaris, nach der Tannin-Ammoniak-Methode von Delage (Modifikation von Garbowski) behandelt. 30 Minuten Nachbehandlung mit Meereswasser vor der Fixierung. Drei kleine strahlige Anordnungen im Eikörper, von denen eine um den Kern (dessen Membran im Verschwinden ist), die anderen beiden um je eine Centrosphären-ähnliche runde Substanzpartie entstanden sind. Ringsum diese Strahlungssonnen ist die Substanz des Eikörpers verdichtet, im übrigen ist dieselbe stark gelockert, indem die Paramitomräume stark erweitert sind; sie sowohl als die Deutoplasmabalken zeigen keine strahlige, sondern eine gewundene Anordnung.

**Fig. 8 und 9.** Zwei Kerne aus Eiern von Parechinus miliaris nach derselben Methode wie bei *Fig. 7* behandelt (Tannin-Ammoniak, Modif. von Garbowski). *Fig 8* fünfzehn, *Fig. 9* dreissig Minuten im Meereswasser vor der Fixierung, Strahlungssonnen um den Kern, in *Fig. 8* mit einer breiten Centrosphären-ähnlichen Zone. Die Kernmembran ist in *Fig. 8* im Schwinden begriffen, in *Fig. 9* schon ganz aufgelöst.

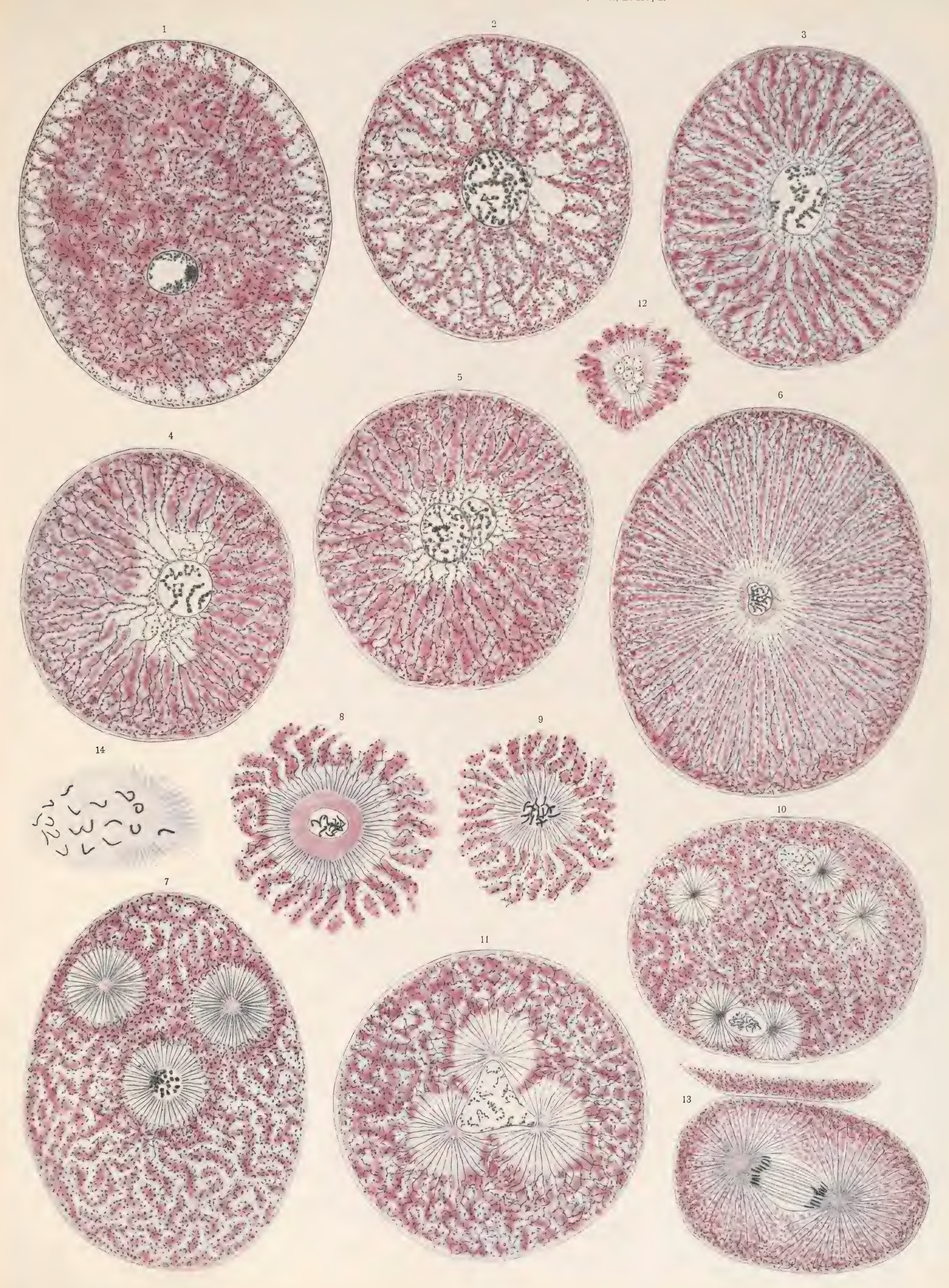
**Fig. 10.** Ei von Parechinus miliaris, nach der Buttersäure-Methode Loeb's behandelt. $3^1/_2$ Stunden mit Meereswasser nachbehandelt. Zwei Kerne und fünf Strahlungssonnen sind in diesem Schnitte sichtbar, von denen zwei zu dem unteren und eine zu dem oberen Kern gehören, während die übrigen zwei frei liegen und in ihrer Mitte je eine Centrosphäre besitzen. Der Bau des Eikörpers zeigt die gewöhnliche Anordnung, nämlich Deutoplasmastränge von Mitomgeflechten umsponnen und helle Paramitomräume zwischen den Strängen.

**Fig. 11.** Ei von Parechinus miliaris, nach der Buttersäure-Methode Loeb's behandelt und danach 2 Stunden in Meereswasser gelegen. Der Kern dreizipflig mit einer von einer Strahlung umgebenen Centrosphäre an jedem Zipfel. Der Bau der Eikörpersubstanz ist der typische.

**Fig. 12.** Kernpartie mit sechs kleinen Kernen, in welche sich der Kern des Eies geteilt hat. Eine Centrosphäre umgibt sie und von dieser geht die Strahlung aus. Nach der Loeb'schen Buttersäure-Methode behandelt. $3^1/_2$ Stunden nachher in Meereswasser gelegen. Von Parechinus miliaris.

**Fig. 13.** Furchungszelle aus einem in zwei Zellen geteilten Ei von Parechinus miliaris. Schönes, regelmässiges Spindelstadium mit je einer Centrosphäre und je einer Strahlung an den Spindelenden. Buttersäure-Behandlung nach Loeb. $3^1/_2$ Stunden in Meereswasser.

Alle diese Figuren sind nach (2—3 μ) dünnen Schnitten von Eiern gezeichnet, welche mit Pikrinessigsäure oder Zenker'schem Gemisch (*Fig. 6*) fixiert und mit Eisenalaun-Hämatoxylin nach Heidenhain und Eosin gefärbt worden sind. Die Vergrösserung ist bei allen diejenige von Zeiss' Apochrom. 2 mm Ap. 1,30 und Komp. Okul. 12.




Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.





## Tafel IX.

### Eier von Echinus esculentus L., Paracentrotus lividus (LM.), Strongylocentrotus droebachiensis (O. F. MÜLLER), Parechinus microtuberculatus (BLAINV.) Sphaerechinus granularis (LM.) und Echinocyamus pusillus O. F. MÜLLER).

**Fig. 1—8.** Eier in ihrer gelatinösen Hülle mit Mikropyleöffnungen, in schwacher Vergrösserung. — *Fig. 1.* Ein ganzes Ei von *Echinus esculentus* L. mit Mikropyle. — *Fig. 2.* Die Mikropyle in stärkerer Vergrösserung. — *Fig. 3* und *4.* Eier von *Paracentrotus lividus* LM. mit Mikropyle, in Fig. 3 mit aus ihrer Öffnung ausgedrungenem Propf. — *Fig. 5* und *6.* Eier von *Sphaerechinus granularis* LM. mit Mikropyleöffning. — *Fig. 7* und *8.* Eier von *Echinocyamus pusillus* (O. F. MÜLLER) mit Mikropyleöffnung; Fig. 7 unreifes, Fig. 8 reifes Ei.

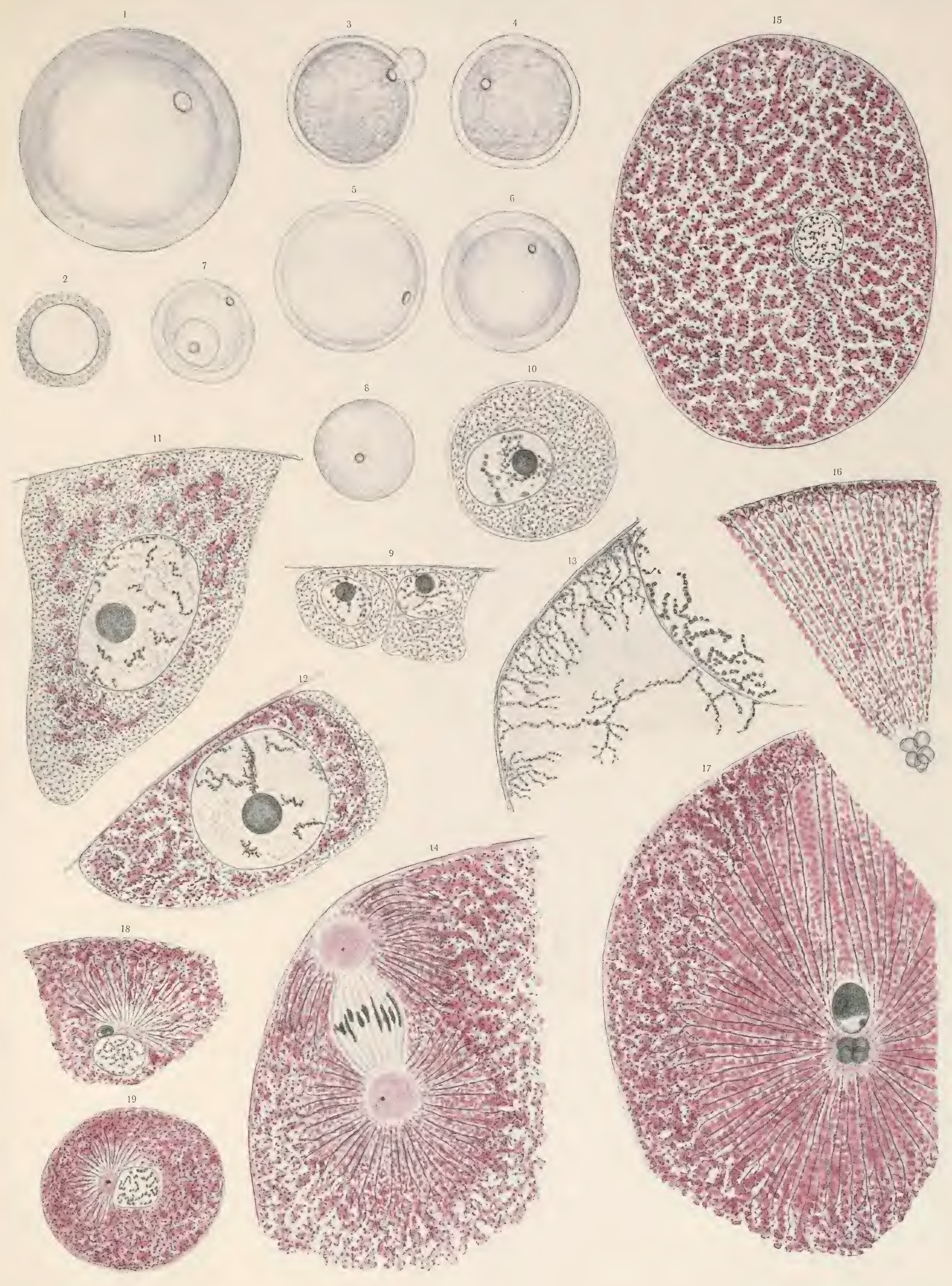
**Fig. 9—12.** Junge und anreifende Eier von *Echinus esculentus* L. — *Fig. 9.* Zwei ganz junge Eier an der Ovarialsackwand. — *Fig 10.* Etwas grösseres, abgelöstes, junges Ei. — *Fig. 11* und *12.* Weiter erwachsene Eier, noch an der Ovarialsackwand sitzend. In dem Mitomgeflecht sind Haufen und Stränge von Dotterkörnern (mit Eosin rotgefärbt) abgesetzt.

**Fig 13.** Partie eines Eischnittes von *Strongylocentrotus droebachiensis* (O. F. MÜLLER) mit dem Kernrand und einem Teil des Eikörpers (noch ziemlich junges Ovarialei), um das Mitomgeflecht mit den schön isolierten, verästelten, gekörnten Fasern zu zeigen. Kein Deutoplasma noch abgesetzt.

**Fig. 14—16.** Eier von *Paracentrotus lividus* (LM.). — *Fig. 14.* Partie eines anreifenden Eies mit der ersten Richtungskörper-Spindel, an deren beiden Enden die Centrosphären mit ihren Strahlungen und je einem dunklen Körnchen im Inneren, welche Centralkörperchen ähnlich sind. Nach aussen von den Strahlungen erkennt man den Balkenbau des Eikörpers mit rotgefärbten Deutoplasmasträngen, die vom Mitomgeflecht umsponnen und durch helle Paramitomräume getrennt sind. — *Fig. 15.* Medianschnitt durch das ganze Ei mit dem excentrisch gelegenen Eikern und dem normal vorhandenen Balkenbau des Eikörpers (rotgefärbte Deutoplasmastränge, vom Mitomgeflecht umsponnen und durch helle Paramitomräume getrennt). — *Fig 16.* Partie eines Eischnittes (erste Furchungshälfte) mit dem noch aus mehreren Kernkugeln bestehenden Kern und mit schöner Strahlung im Eikörper vom Kern bis zur Nähe der Eioberfläche, wo man die Verästelung der Strahlungsfasern bemerkt.

**Fig. 17—19.** Partien von Eischnitten von *Parechinus microtuberculatus* (BLAINV.). — *Fig. 17.* Ein eingedrungenes Spermium auf der Wanderung nach der Eimitte mit der Centrosphäre und vier in dieser befindlichen grossen, noch dunkel gefärbten Körnern des Nebenkernorgans (Verbindungs- oder Mittelstücks). Die radiäre Strahlung um die Centrosphäre ist stark und schön ausgebildet, und die radiierenden Fasern gehen nach der Eiperipherie hin in das die Deutoplasmabalken umwindende Mitomgeflecht über. — *Fig. 18.* Partie von einem Eischnitte mit dem Eikern, dem ihm anliegenden Spermiumkern und der Centrosphäre nebst der Strahlung im Eikörper. — *Fig. 19.* Erste Furchungszelle mit Kern und Centrosphäre, in welcher ein Centralkörper sich befindet.

Die Fig. 1—8 vom frischen Material. Die Fig. 9—19 von dünnen (2—3 μ) Schnitten der in Pikrinessigsäure fixierten Eier. Färbung mit Hämatoxylin nach HEIDENHAIN und mit Eosin. Die Vergrösserung ist die von Zeiss' Apochr. 2 mm Ap. 1,30 und Komp. Ok. 12; die Fig. 13 und 14 noch dreimal, Fig. 17 zweimal linear vergröss.




Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.





# Tafel X.

## Eier von Asterias rubens (L.) und Solaster papposus (FABR.)

**Fig. 1—3.** Junge unreife Eier von *Asterias rubens* in Ovarialsäcken. *Fig. 1.* Schnitt durch einen solchen Sack mit der von einem auswendigen Epithelschicht bekleideten Wand, an deren innerer Fläche mehrere, von kleinen »Nährzellen» umgebene junge Eier von verschiedener Grösse zu sehen sind. Das Protoplasma besteht in diesen Eiern aus einem mit schwarzen Körnern besetzten Mitomgeflecht, zwischen dessen Fasern sich das helle Paramitom befindet. — *Fig. 2.* Eine Partie eines anderen solchen Schnittes, in welchem zwei von den Eiern noch an der Ovarialsackwand liegen; die Fasern des Mitomgeflechts sind hier stellenweise sehr distinkt. — *Fig. 3.* Eine isolierte solche Zelle mit ausserordentlich deutlich hervortretenden und distinkten Fasern des Mitoms.

**Fig. 4.** Ein ganzes Ei von *Asterias rubens*, an dem man die durch Methylenblau-Färbung dargestellten Grenzen der diese Eier umkleidenden Zellenhülle sieht. — *Fig. 4 a.* Randpartie eines solchen Eies im optischen Durchschnitt; nach aussen von dem Ei findet sich eine Hülle von gelatinöser Substanz und die diese bekleidende Schicht langer platter Zellen, deren Kernen an zwei Stellen in der Fig. im optischen Durchschnitt hervortreten.

**Fig. 5.** Partie eines dünnen Schnittes von einem noch nicht ganz reifen Ei von *Asterias rubens* mit der Anordnung der Deutoplasmabalken im Eikörper; im unteren Teil liegen diese Balken oder Stränge dichter gedrängt, nach oben hin treten sie immer deutlicher hervor. Sie sind durch Eosin rotgefärbt und von dem schwarzgefärbten Mitomgeflecht umsponnen; zwischen den Balken bemerkt man die hellen Paramitomräume. An der Oberfläche des Eies sieht man hier im Durchschnitt immer eine sehr dünne, homogene Rindenschicht und unter ihr eine Reihe von grösseren dunklen Körnern.

**Fig. 6.** Partie von einem Ei von *Asterias rubens* mit der Spindel der ersten Richtungskörperbildung. Die Chromosomen haben sich noch nicht geteilt. An der Eioberfläche findet sich die äussere Centrosphäre dicht unter der Rindenschicht, und von ihr strahlen die Fasern nach aussen und innen aus, um sich in das Mitomgeflecht fortzusetzen. Die innere Centrosphäre hat dagegen Raum genug gehabt, um ihre Strahlung schön zu entfalten; man sieht auch an ihr, dass die Fasern derselben peripherisch sich verästeln und in das Mitomgeflecht übergehen. Hier besteht ebenfalls die Eikörpersubstanz aus rotgefärbten, von dem Mitom umsponnenen Deutoplasmabalken mit zwischen ihnen liegenden hellen Paramitomräumen. In den beiden Centrosphären findet sich je ein Haufen von schwarzgefärbten Körnern, welche bis auf weiteres als Centralkörpersubstanz aufgefasst werden können, obwohl es schwer fällt, den sicheren Beweis zu liefern.

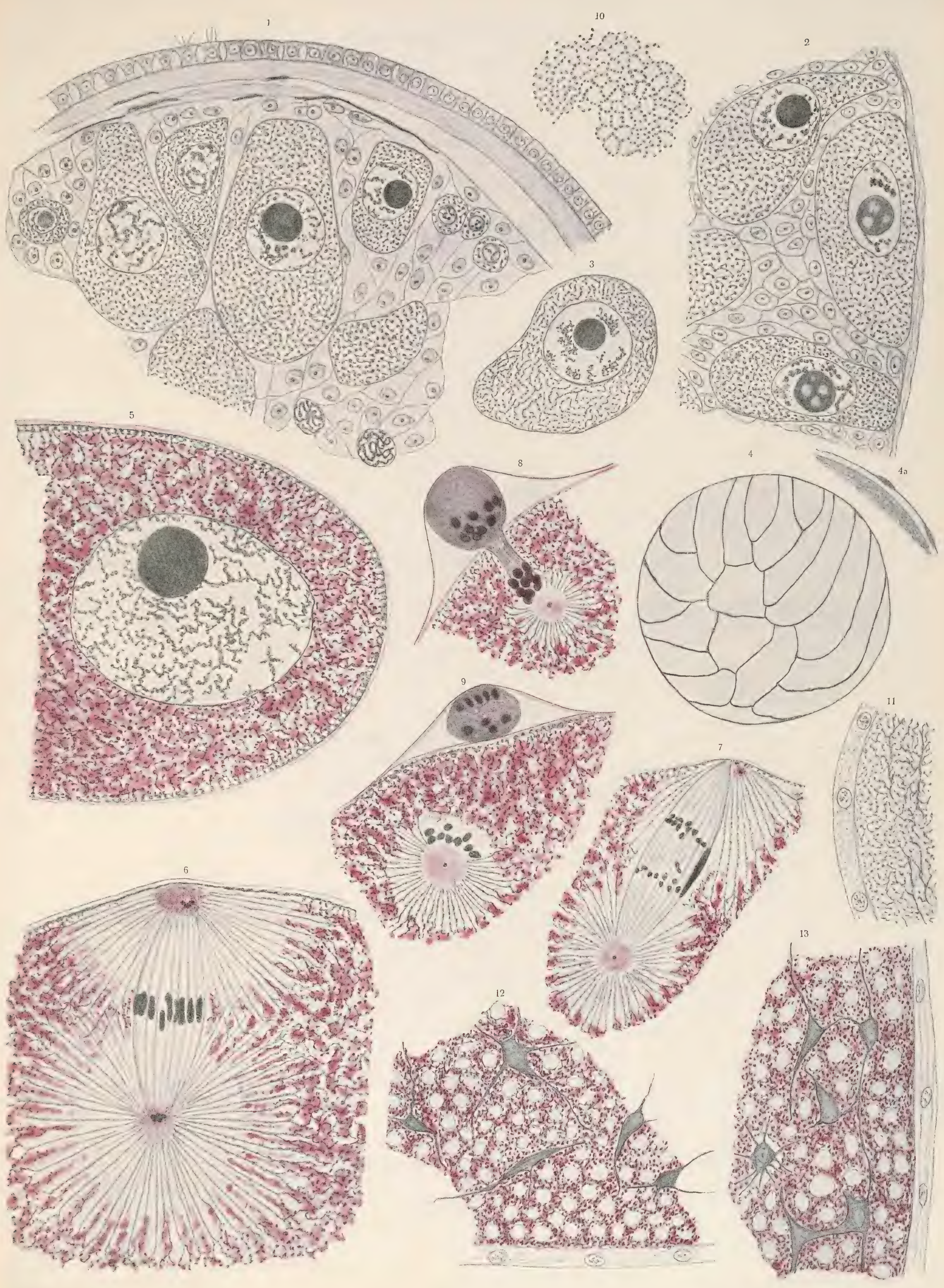
**Fig. 7—9.** Drei verschiedene Stadien der Richtungskörperbildung in Eiern von *Asterias rubens*; von ihnen stellt die *Fig. 7* den ersten Körper mit ihrer Spindel in etwas späterer Phase als in *Fig. 6* dar, indem die Chromosomen sich hier geteilt und getrennt haben. Ausserdem findet sich ein langer ungeteilter Stab. Hier liegt die äussere Centrosphäre neben dem Spindelende; beide Centrosphären haben in ihrer Mitte je einen kleinen schwarzen Körper, welcher einem Centralkörper auf höchste gleicht. — *Fig. 8* zeigt das Stadium, in welchem der erste Richtungskörper grösstenteils schon abgegeben und ausgetreten ist, wo er aber noch durch einen Strang mit dem zurückgebliebenen Kernteil zusammenhängt und die Chromosomen neben der Centrosphäre in einem Haufen liegen. — *Fig. 9* zeigt ein etwas späteres Stadium, in welchem der erste Richtungskörper ganz abgegeben und unter der abgehobenen Dotterhaut in einem kleinen Raume liegt, während der übrig im Eie gebliebene Kern mit seinen Chromosomen sich zur Bildung des zweiten Richtungskörpers vorbereitet. Die typische Balkenanordnung im Eikörper ist ringsum vorhanden.

**Fig. 10.** Die oberflächliche Körnerlage in dem Eie von *Asterias rubens*, von der Oberfläche betrachtet. Man sieht bei starker Vergrösserung eine eigentümliche Anordnung der Körner in mehr oder weniger ringförmigen Figuren.

**Fig. 11—13.** Partien von Schnitten von Eiern des *Solaster papposus*. — *Fig. 14* von einem jungen Ei; unter der äusseren, mit Kernen versehenen Hülle erkennt man im Protoplasma des Eies ein deutlich ausgeprägtes Mitom mit körnigen Fasern und einzelne koncentrisch verlaufende Verdichtungen in demselben. — *Fig. 12* und *13* zeigen in beinahe reifen Eiern unter der mit Kernen versehenen Hülle die Eikörpersubstanz mit hellen spärischen Räumen, welche wohl Paramitom enthalten, eine Substanz, die sich in Eosin rötlich gefärbt hat und offenbar aus Deutoplasma und dem schwarzgefärbten körnigen Mitomgeflecht besteht. Ausserdem bemerkt man hier eigentümliche, verzweigte, verhältnismässig grosse Körper, welche die Hämatoxylinfarbe aufgenommen haben und Äste nach verschiedenen Richtungen aussenden, sogar untereinander oft zusammenhängen.

Alle Figuren der Tafel, mit Ausnahme der *Fig. 4* (und *4 a*), rühren von Schnitten von Eiern her, welche in Pikrinessigsäure oder in Zenker'schem Gemisch fixiert worden sind. Die Färbung der Schnitte ist mit Hämatoxylin nach HEIDENHAIN und Eosin ausgeführt.

Die Vergrösserung ist die von Zeiss' Apochrom. 2 mm Ap. 1,30 Komp. Ok. 12. Die *Fig. 6—9* sind ausserdem dreimal linear vergrössert.




Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.





## Tafel XI.

### Eier von Coelenteraten (Aurelia aurita L. und Cyanea capillata L.).

**Fig. 1—8.** Eier von *Aurelia aurita* (L.). — *Fig. 1.* Aus einem Ovarialschlauch: zwei kleine Eier, von denen das kleinere noch an der Wandung liegt und kein Deutoplasma zeigt, das grössere in der Nähe des Kerns Deutoplasma (rotgefärbt) abgesetzt hat. — *Fig. 2.* Kleines Ei mit etwas Deutoplasma. — *Fig. 3.* Etwas grösseres Ei mit Deutoplasma ringsum den Kern. — *Fig. 4.* Noch grösseres Ei mit im Protoplasma zerstreut liegenden Deutoplasmaklumpen. — *Fig. 5.* Weiter erwachsenes Ei mit den Dotterkörnern in gewundenen Deutoplasmasträngen gelegen, welche von Mitomgeflechten umsponnen und durch helle Paramitomräume voneinander getrennt sind. — *Fig. 6.* Erwachsenes, zur Reifung fertiges Ei von ungefähr demselben Bau wie in *Fig. 5;* man sieht nämlich hier die Stücke der rotgefärbten Deutoplasmastränge von den schwarzgefärbten gekörnten Fasern des Mitomgeflechtes umsponnen und zwischen den Strängen die hellen Paramitomräume. — *Fig. 7* und *8* stellen kleine Partien von dieser Substanz in etwas stärkerer Vergrösserung dar.

**Fig. 9—16.** Eier von *Cyanea capillata* (L.). — *Fig. 9* und *10.* Ganz kleine Eier mit den gekörnten Fasern des Mitoms im hellen Paramitom und in *Fig. 9* mit einigen runden Körpern. — *Fig. 11.* Ein etwas grösseres Ei (der Kern war nicht vom Schnitte getroffen) mit schönem gekörntem Mitom und einzelnen (rotgefärbten) Deutoplasmakugeln. — *Fig. 12.* Weiter erwachsenes Ei mit dem Kern und mit dem Mitom, Paramitom und zahlreicheren Deutoplasmakugeln. — *Fig. 13.* Noch mehr anreifendes Ei mit Partien der Kernmembran in flächenhafter Ausbreitung. In dem Eikörper erkennt man das Mitomgeflecht mit sehr feinen Fasern und Körnchen sowie mit zahlreichen, kleineren und grösseren Deutoplasmakugeln zwischen den Maschen desselben. — *Fig. 14.* Seitenpartie eines Schnittes von einem anreifenden Ei mit grossem Kern und Kernkörperchen, sowie mit dem Mitomgeflecht und den Deutoplasmakugeln in den Maschen desselben; einige dunkle Kugeln liegen auch in dem Protoplasma zerstreut. — *Fig. 15* und *16.* Kleine Seitenpartien von Schnitten von reifen Eiern mit dem schwarzgefärbten Mitom und den rotgefärbten Deutoplasmakugeln in dem hellen Paramitom.

Alle die Figuren der Tafel sind nach (2—3 μ) dünnen Schnitten von Eiern gezeichnet, welche in Pikrinessigsäure fixiert und mit Hämatoxylin nach HEIDENHAIN (Eisenalaun) und Eosin gefärbt worden sind. Vergrösserung von Zeiss' Apochr. 2 mm Ap. 1,30, Komp. Ok. 12; *Fig. 8* noch dreimal linear vergrössert.


GUSTAF RETZIUS: Über den Bau des Eies der Echinodermen etc. — Biol. Unt., N. F., B. XV, 1.
TAF. XI.
Aurelia
1—8
Cyanea
9—16
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
Gez. v. G. Retzius.
Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.





## Tafel XII.

# Eier von Würmern (Turbellarien und Nemertinen).

**Fig. 1—10.** Eier und Eischnitte von *Prostheceraeus vittatus* Mont. — *Fig. 1.* Ein ganzes Ei in seiner Hülle, schwache Vergröss. — *Fig. 2.* Ein ganzes Ei in der Eihaut, in stärkerer Vergröss., mit einer inneren von der Eioberfläche abgelösten, dünnen Membran. — *Fig. 3.* Schnitt durch ein ganzes Ei mit dem Kern und der umgebenden Haut. Im Eikörper erkennt man gewundene, durch Eosin rötlich gefärbte Deutoplasmabalken, welche von schwarzgefärbten Mitomgeflechten umsponnen und durch helle Paramitomräume voneinander getrennt sind; in der Oberflächenschicht des Eies sind etwas grössere Körner vorhanden, welche am Schnittrand eine Reihe bildet. — *Fig. 4.* Eine Partie der Deutoplasmabalken, welche hier zu anastomosieren scheinen und die Paramitomräume noch mehr, in der Form rundlich gestalteter Räume, umgrenzen; das Mitomgeflecht mit seinen dunklen Körnchen tritt hier schön hervor. — *Fig. 5.* Schnitt durch ein ganzes Ei mit allgemeiner radiierender Strahlung um eine Centrosphäre, in welcher ein dunkler Körper die Mitte einnimmt. Die schwarzgefärbten Fasern der Strahlung verzweigen sich bald während ihres Verlaufs nach aussen und gehen in das Mitomgeflecht über, das sich in der peripherischen Eischicht noch reichlicher dichotomisch verästelt. In den radiierenden Paramitomräumen, zwischen den Fasern, liegen die Deutoplasmakugeln, durch Eosin rotgefärbt. Sie nehmen nach aussen hin immer mehr an Grösse zu. — *Fig 6.* Eine Centrosphäre mit einigen schwarzgefärbten Körnchen in der Mitte, welche Centralkörpern ähneln. Von ihr radiieren nach allen Richtungen Fasern, welche rotgefärbte Deutoplasmabalken mit ihren Ästen umspinnen und in das Mitomgeflecht übergehen. — *Fig. 7.* Centrosphäre, in welcher man drei verschiedene Zonen unterscheiden kann, nämlich eine innere centrale (gelblich gefärbte), eine mittlere schmälere, im Schnitte ringförmige (dunkelblaue) und eine äussere, breitere, ringförmige (hellblaue); durch diese letztgenannte strahlen die radiierenden Fasern von der mittleren Zone aus und verästeln sich bald wiederholt dichotomisch, wonach ihre Äste die angrenzenden Enden der Deutoplasmastränge umspinnen. Starke Vergrösserung. — *Fig 8.* Richtungskörperspindel mit Chromosomen und Centrosphären, in deren Mittenpartien je ein grosser, schwarzgefärbter Körper liegt, welcher jedenfalls gar zu gross ist, um in dieser Gestalt dem Centralkörper zu entsprechen, denselben aber vielleicht in sich enthalten kann. — *Fig. 9.* Eine ebensolche Spindel. *Fig. 10.* Eine Centrosphäre mit einer Gruppe von schwarzen Körnern in ihrer Mittenpartie.

**Fig. 11—19.** Eier von *Malacobdella grossa* (O. F. Müller). — *Fig. 11* und *12.* Eier mit ihrer dicken gelatinösen Hülle (Chorion), an welcher man je ein helles Loch sieht, welches die Mikropyleöffnung darstellt. — *Fig. 13* und *14* stellen die Mikopyleöffnung in der Seitenansicht dar, wo sie etwas hervorragt. Schon in diesen Figuren, aber noch besser in der noch mehr vergröss. *Fig. 15* bemerkt man die um das Ei geschichtete, koncentrische Anordnung der Substanz der dicken gelatinösen Hülle mit einer oberflächlichen, sehr dünnen Schicht, unter welcher eine sehr dünne, stärker hervortretende Begrenzungsschicht liegt. In dieser letzten Schicht bemerkt man die in *Fig. 16* in einer kleinen Partie wiedergegebene Einlagerung von ovalen Körnern. In den Grenzblättern der übrigen koncentrischen Schichten der Hülle sind die Körneranordnungen, die in *Fig. 17* wiedergegeben sind, vorhanden. — *Fig. 18* stellt ein ganz junges Ei von Malacobdella dar, in dessen Eikörper die gekörnten Fasern des Mitomgeflechts sehr schön und scharf sichtbar sind, indem sie in isoliertem Verlaufe durch die reichliche helle Paramitomsubstanz ziehen. — *Fig. 19.* Der grösste Teil von einem dünnen Schnitt eines beinahe angereiften Eies, in dessen Umgebung die geschrumpfte gelatinöse Hülle sichtbar ist und dessen Bau aus der Figur hervorgeht. Man erkennt hier wieder die Anordnung in schwach rötlich gefärbten, gewundneen Strängen oder Balken, welche das Deutoplasma enthalten und von körnigen Fäden des dunkelgefärbten Mitoms umsponnen sind. Zwischen den gewundenen Strängen bemerkt man helle Paramitomräume. In dem Eikörper liegen kugelige Körper verschiedener Grösse, welche den im Kern befindlichen, etwas rötlich gefärbten, wahrscheinlich aus Nukleolarsubstanz bestehenden Körpern auffallend ähneln.

Die *Fig. 1—17* sind nach frischem Material wiedergegeben. Die *Fig. 18* und *19* sind nach Schnitten von in Pikrinessigsäure fixierten Eiern gezeichnet. Die Schnitte sind mit Hämatoxylin nach Heidenhain und Eosin gefärbt. Die Vergrösserung in den *Fig. 1, 2, 11, 15* ist mehr oder weniger schwach, in den *Fig. 3—10, 16* und *17* ist die diejenige von Zeiss' Apochr. 2 mm Ap. 1,30 Komp. Ok. 12, in *Fig. 7* aber dazu noch dreimal linear vergrössert.

Prosteceraeus
1—10

Malacobdella
11—19

2 1 11 16 15 4 17 12 3 13 14 6 18 19 5 10 7 8 9

Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.





# Tafel XIII.

## Eier von Mollusken (Pecten maximus (L.), Modiola modiolus (L.)) und vom Kaninchen.

**Fig. 1—7.** Eier von *Pecten maximus* (L.). — *Fig. 1—4.* Junge Eier, in denen man die gekörnten Fasern des Mitomgeflechts in dem reichlichen hellen Paramitom verfolgen kann. Einzelne rundliche Körper finden sich auch in ihm zerstreut. — *Fig. 5* und *6.* Etwas weiter erwachsene Eier mit dichteren Mitomgeflechten. An dem grünlich gefärbten (Hämatoxylin) Nucleolus hat sich ein rötlich (Eosin) sich färbender Körper ausgebildet. — *Fig. 7.* Ein der Wandung der Eiblase noch ansitzendes Ei, in dessen Fuss einzelne Fasern des Mitoms hinabsteigen und deshalb ausserordentlich deutlich in situ hervortreten. Am Nucleolus ist der ursprüngliche, sich grünlich färbende Teil verschwunden.

**Fig. 8—10.** Eier von *Modiola modiolus* (L.). — *Fig. 8.* Ein junges Ei mit sehr schön hervortretenden Fasern des Mitomgeflechtes im reichlichen Paramitom. Um den Nucleolus sieht man eine in Eosin sich rötlich färbende Hülse. In *Fig 8 a* und *8 b* ist diese Hülse ebenfalls wiedergegeben, in der letzteren Figur ist der Nucleolus aus der geborstenen Hülse ausgeschlüpft. — *Fig. 9* stellt eine Seitenpartie eines etwas reiferen Eies dar, in welchem man zwischen den Fasern des Mitomgeflechts rotgefärbte Deutoplasmakugeln findet; in dem Kern sind eigentümliche runde Körper vorhanden. — *Fig. 10.* Partie eines noch grösseren, sich anreifenden Eies; hier haben sich die Dotterkörner zu wirklichen Deutoplasmasträngen angesammelt, welche gewunden zwischen den hellen Paramitomräumen verlaufen und von Mitomgeflechten umsponnen sind; im Protoplasma liegen fünf dunkle Kugeln von noch problematischer Herkunft.

**Fig. 11—15.** Eier von *Kaninchen.* — *Fig. 11.* Junges Eierstocksei mit gekörnten verästelten Fasern, welche durch das reichliche Paramitom von der Umgebung des Kerns nach der Peripherie ausstrahlen. — *Fig. 12.* Etwas weiter entwickeltes junges Ei von der Zona pellucida und dem Epithel des Graaf'schen Follikels umgeben. Im Eikörper sieht man sehr distinkt die dunklen gekörnten Fasern des Mitomgeflechts durch die helleren Paramitomräume ziehen und in dem Geflechte einzelne von dem Eosin rotgefärbte Dotterkörnerhaufen (Deutoplasma) den Fasern angehängt. — *Fig. 13.* Seitenpartie des Eikörpers mit dem Mitomgeflecht und einem Stück eines Deutoplasmastranges, in stärkerer Vergrösserung. — *Fig. 14.* Ein grösseres, weiter entwickeltes Ovarialei von der geschrumpften Zona pellucida umgeben. Im Eikörper erkennt man ein schönes dunkelgefärbtes, gekörntes Mitomgeflecht mit den hellen Paramitomräumen zwischen seinen Fasern und das durch das Eosin rötlich gefärbte Deutoplasma, welches, zu gewundenen Strängen angeordnet, in dem Mitomgeflecht aufgehängt und von ihm umsponnen ist; grössere, schwarzgefärbte Körner finden sich gewöhnlich in der Umgebung der Deutoplasmastränge. — *Fig. 15.* Kernpartie aus einem sich anreifenden Ei mit stark gekörnten Mitomschlingen in der Umgebung des grossen kugeligen Kerns; starke Vergrösserung.

Die Figuren dieser Tafel sind nach (2—3 μ) dünnen Mikrotomschnitten von teils in Pikrinessigsäure, teils in Zenker'schem Gemisch fixierten Eiern gezeichnet; Färbung mit Hämatoxylin (nach Heidenhain) und Eosin. Vergrösserung bei Zeiss' Apochr. 2 mm Ap. 1,30 und Komp. Ok. 12. Die *Fig. 13* und *15* noch dreimal linear vergrössert.




Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.



Antedon 1—4 | Astropecten 5—10 | Solaster 11—16 | Cribrella 17—24 | Asterias 25—33 | Mesothuria 34—36 | Ophiothrix 37—38

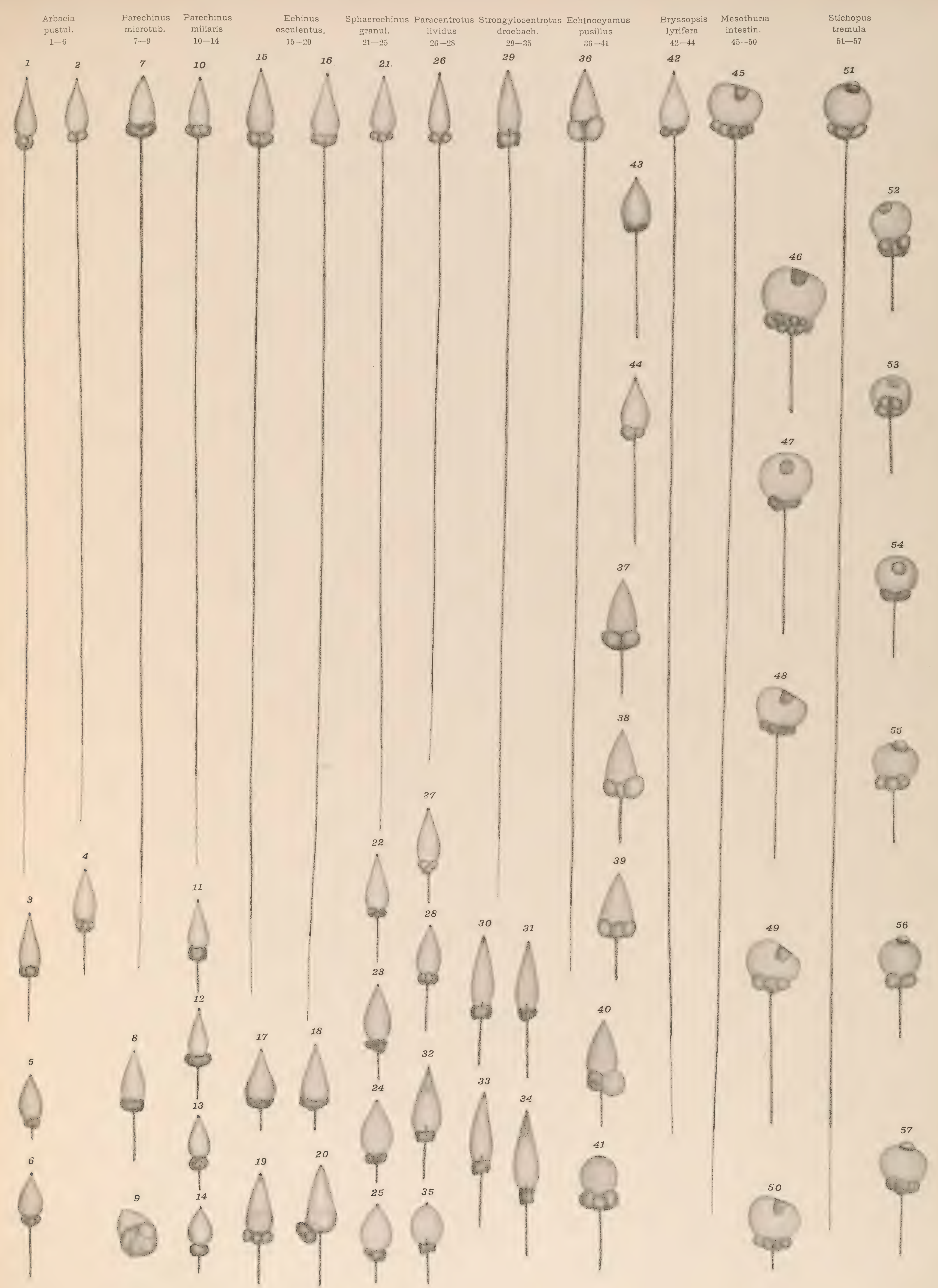
1 5 11 12 13 14 15 17 18 19 20 21 22 25 26 27 28 29 30 34 35 37 2 3 4 6 7 8 9 10 16 23 24 31 32 33 36 38

Gez. v. G. Retzius.

Lichtdruck von Lagrelius & Westphal, Stockholm.



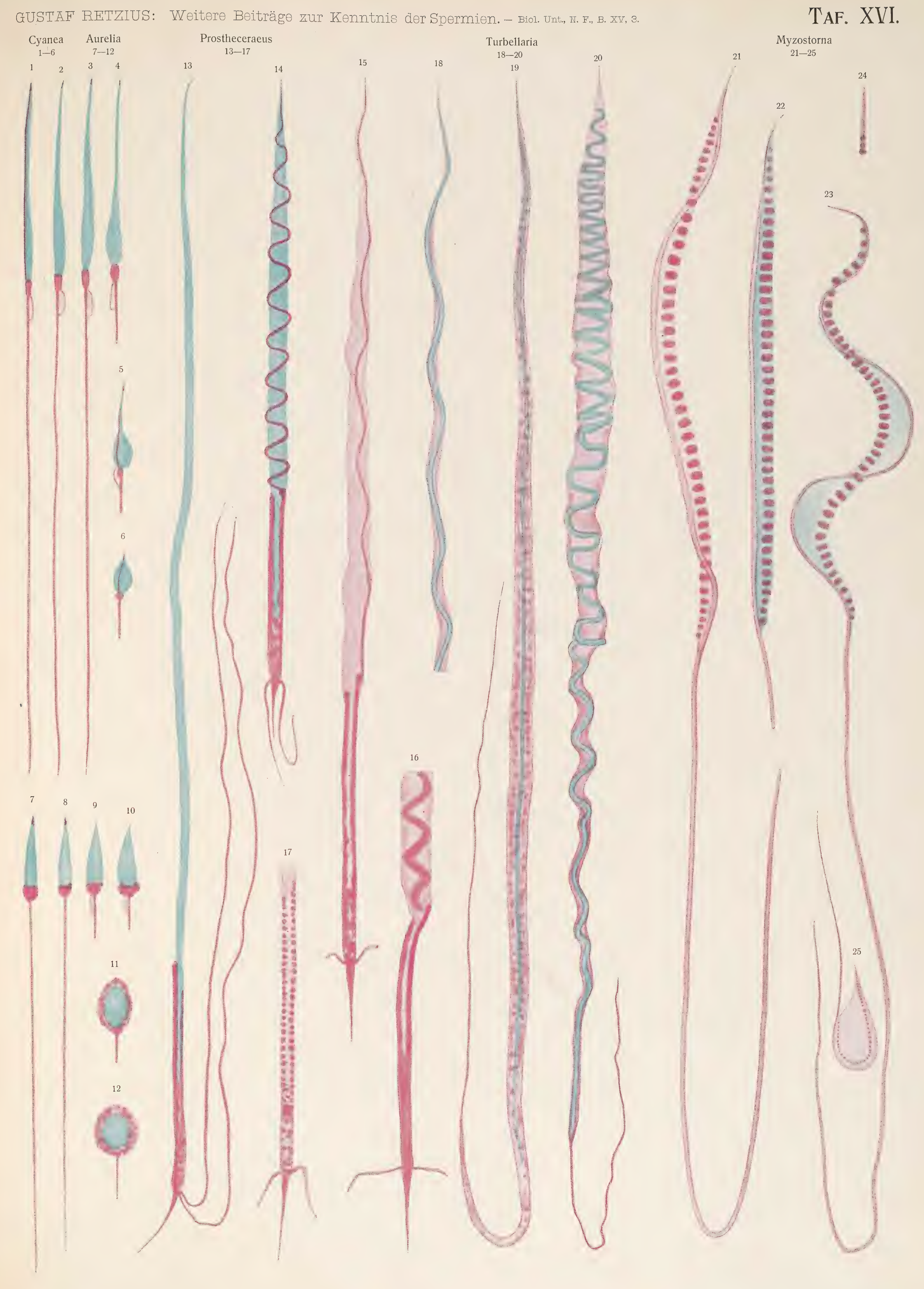
TAF. XV.




Gez. v. G. Retzius.

Lichtdruck von Lagrelius & Westphal, Stockholm.

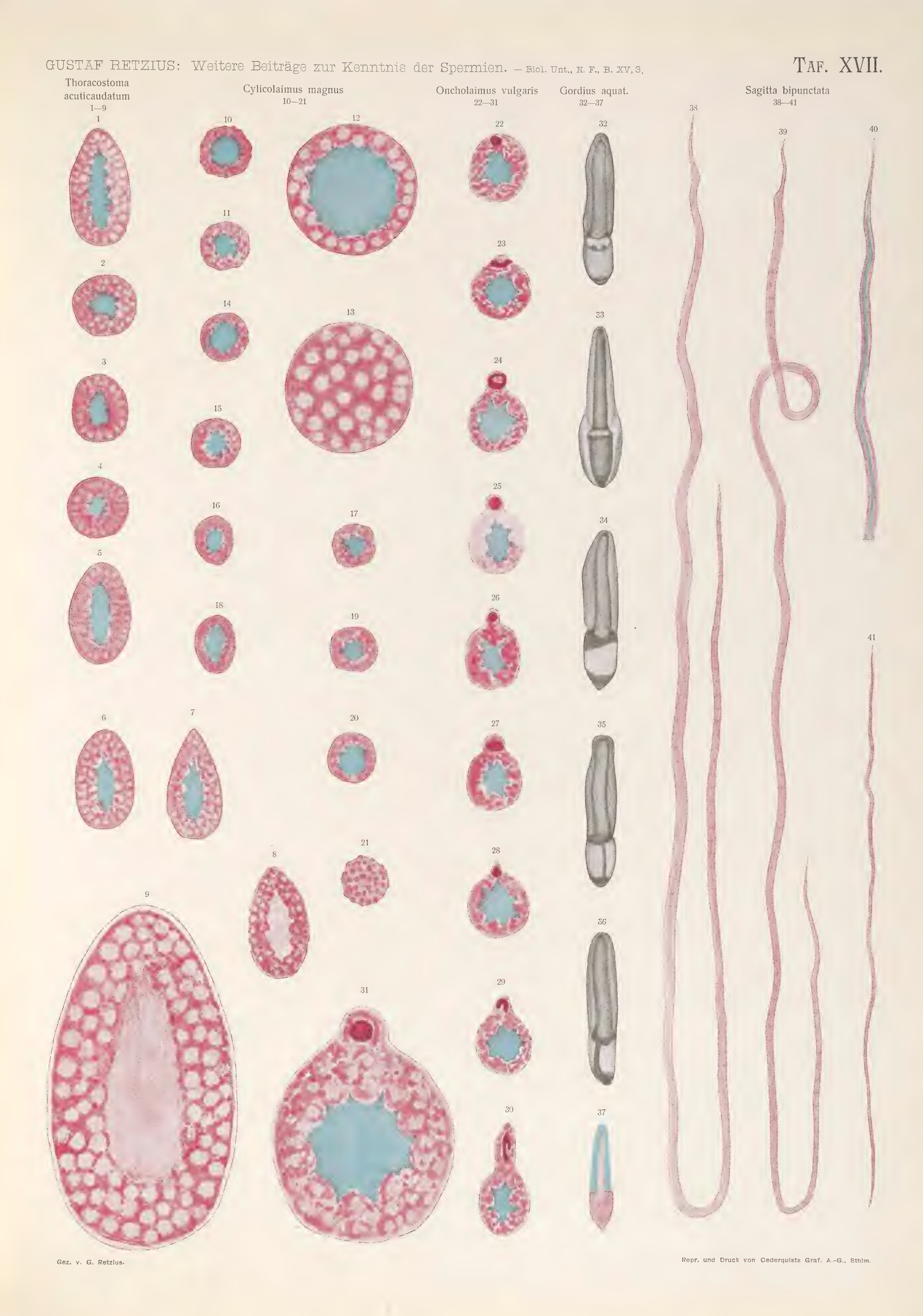





Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.






Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.



Asellus 1

Oniscus 2—6

Bopyrus 7—13

Myside 14—15

Mysis 16—21

Gammarus 22—23

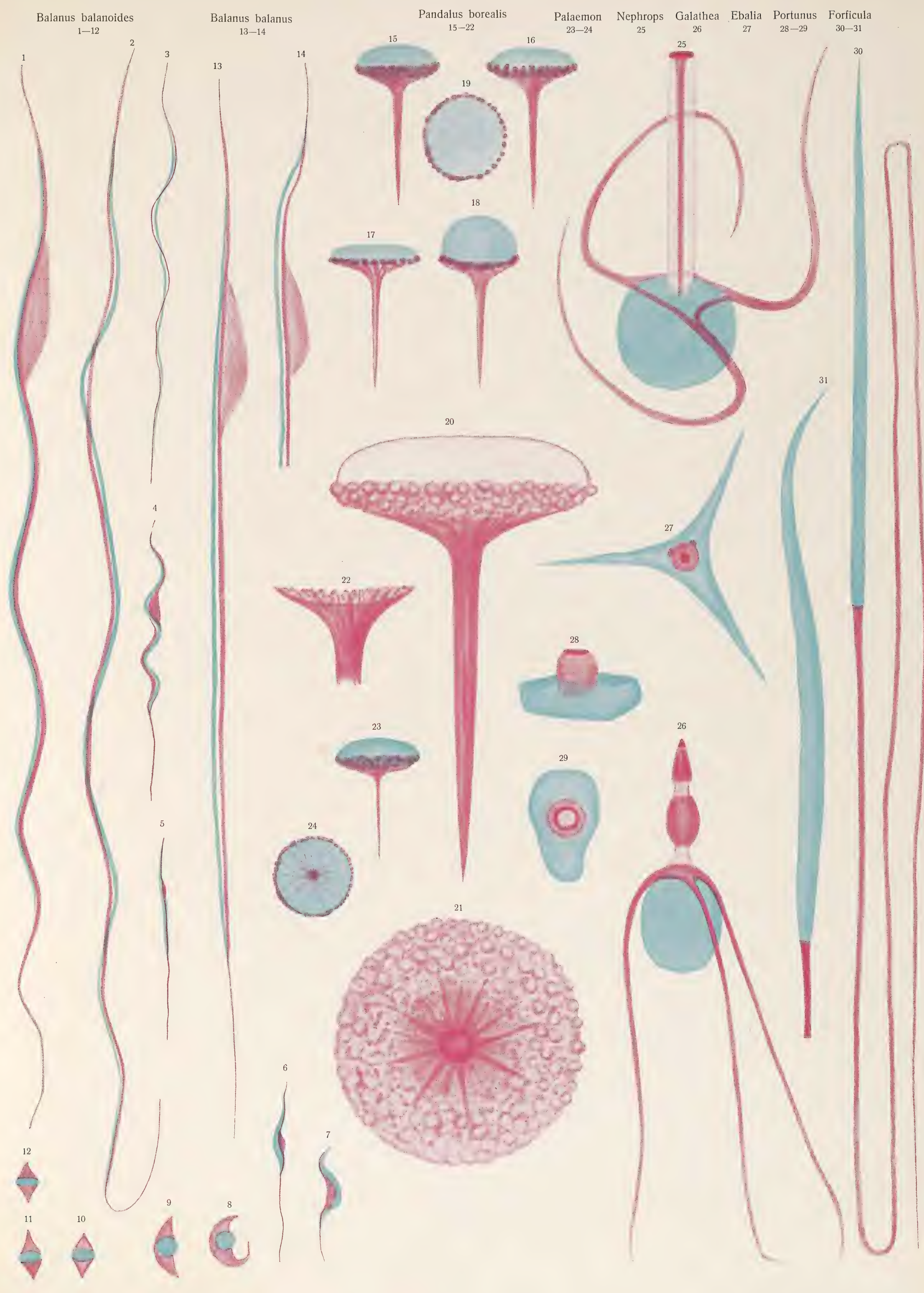
Hyperia 24—25

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25

Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists A.-G., Sthlm.

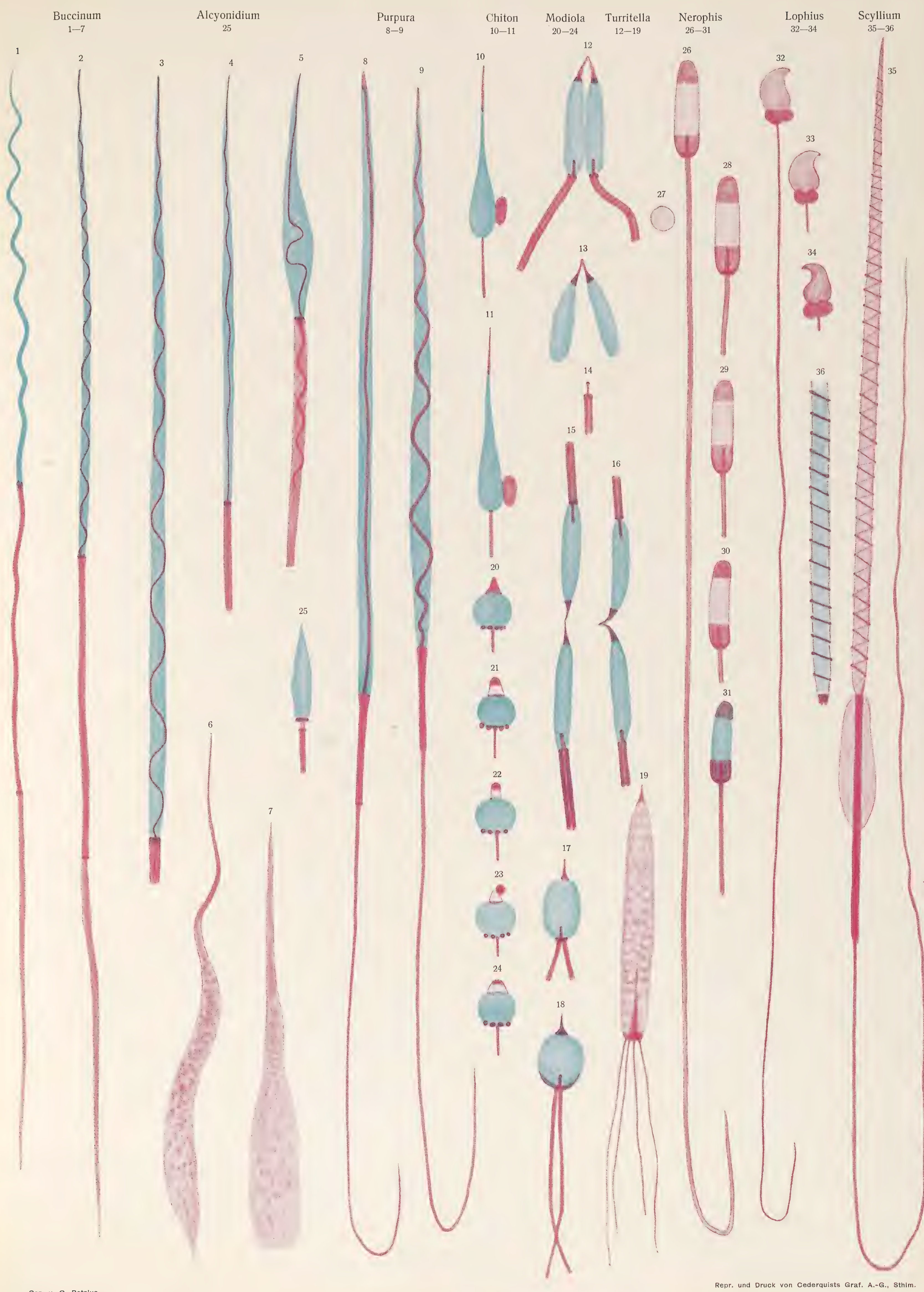





Gez. v. G. Retzius.

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.

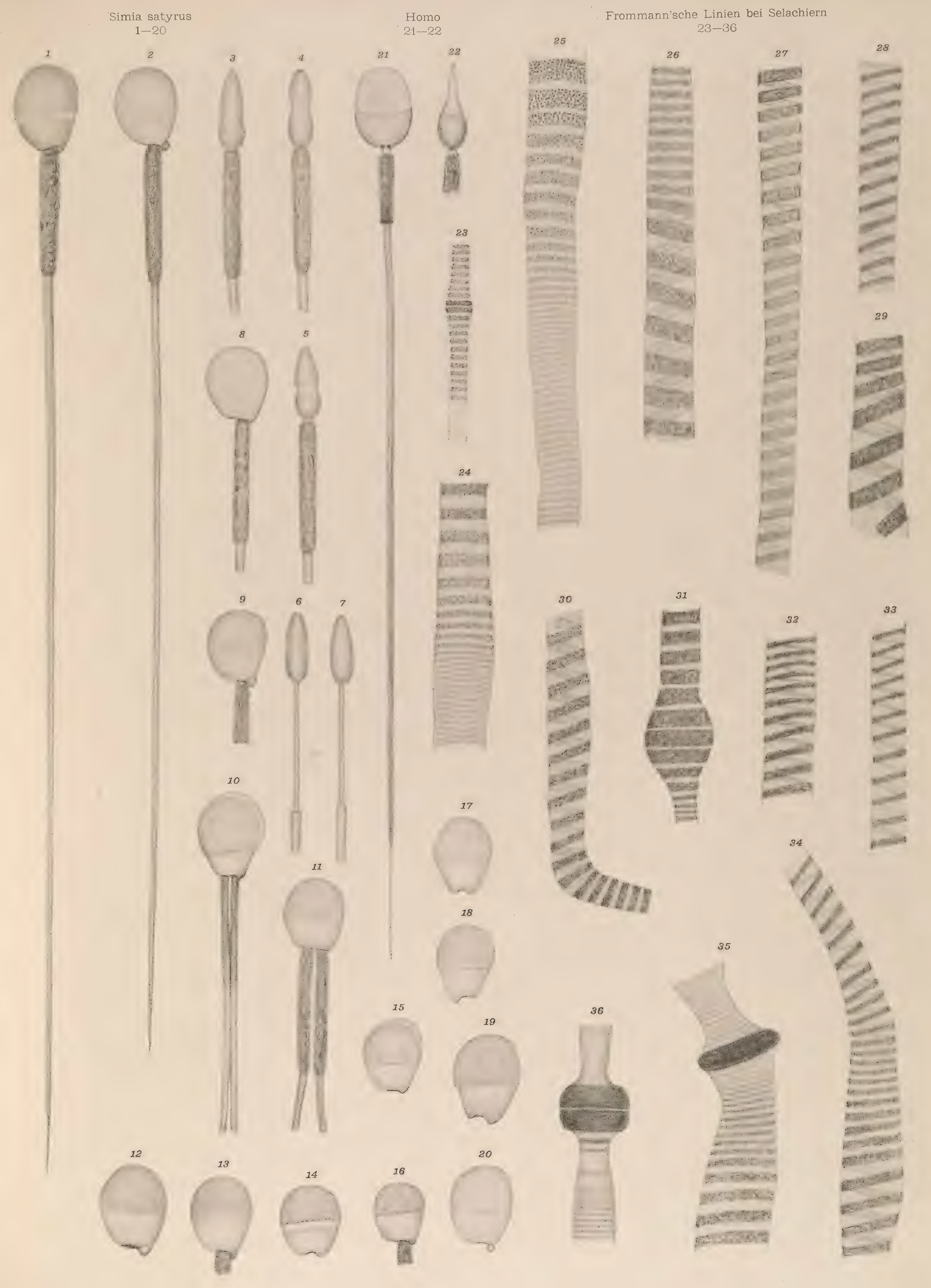





Gez. v. G. Retzius

Repr. und Druck von Cederquists Graf. A.-G., Sthlm.






Gez. v. G. Retzius.

Lichtdruck von Lagrelius & Westphal, Stockholm.





